COUNTWAY LIBRARY
HC 413H B

LA CELLULE

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/la-cellule_1887_3

LA CELLULE

RECUEIL

DE

CYTOLOGIE ET D'HISTOLOGIE GÉNÉRALE

PUBLIÉ PAR

J. B. CARNOY, PROFESSEUR DE BIOLOGIE CELLULAIRE,
G. GILSON, PROFESSEUR D'EMBRYOLOGIE, J. DENYS, PROFESSEUR D'ANATOMIE PATHOLOGIQUE,
A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN.

AVEC LA COLLABORATION DE LEURS ÉLÈVES ET DES SAVANTS ÉTRANGERS.

TOME III

1F FASCICULE.

I. La cytodiérèse de l'œuf
par J. B. CARNOY.

II. Étude sur la constitution cellulaire de la fibre nerveuse
par L GEDOELST.

LOUVAIN
AUG. PEETERS, LIBRAIRE,
rue de Namur, 11.

GAND
H. ENGELCKE, LIBRAIRE,
rue de l'Université, 24.

LIERRE
TYP. DE JOSEPH VAN IN & Cº,
rue Droite, 48.

BOSTON MEDICAL
APR 27 1920
LIBRARY

CATALOGUED
APR 27 1920
M.E.C.

BOSTON MEDICAL
APR 27 1920
LIBRARY

LA CYTODIÉRÈSE

DE L'ŒUF

ÉTUDE COMPARÉE DU NOYAU ET DU PROTOPLASME

A L'ÉTAT QUIESCENT ET A L'ÉTAT CINÉTIQUE (*Seconde partie*)

La vésicule germinative et les globules polaires chez quelques NÉMATODES

PAR

LE CHANOINE J. B. CARNOY, PROFESSEUR DE BIOLOGIE CELLULAIRE,
A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN.

(*Mémoire déposé le* 15 *octobre* 1886.)

Il y a quelques mois, nous avons publié un travail assez détaillé et assez précis sur « *La vésicule germinative et les globules polaires de l'Ascaris megalocephala.* »

Ce mémoire demandait à être complété. La nature est trop capricieuse, trop riche et trop prodigue de moyens, pour qu'un observateur puisse s'autoriser à tirer d'observations isolées des conclusions générales, sans tomber sous l'application de cette maxime : « La folie de l'enfant c'est de « vouloir être homme avant de le pouvoir ; la folie de l'homme est de porter « ses conclusions au delà de sa science » (1). En biologie, plus encore que dans les autres branches, a dit justement C. Robin, la science naît et vit de la comparaison.

C'est pourquoi nous avons jugé utile, avant de clore nos recherches sur la cytodiérèse de l'œuf, d'étendre nos observations à quelques nématodes nouveaux.

Tel est l'objet de cette seconde partie de notre travail.

Nous avons fouillé un assez grand nombre de représentants de ce groupe, mais tous sont loin de se prêter également bien à l'étude des cinèses polaires C'est pourquoi nous devons nous contenter de passer en revue un certain nombre d'espèces, choisies comme types, parmi celles où il nous a été possible de suivre la série des phénomènes cinétiques.

(1) *Revue des questions scientifiques*, octobre 1886, p. 546.

LA CYTODIÉRÈSE DE L'ŒUF

CHEZ QUELQUES NÉMATODES.

I.

Spiroptera strumosa : Pl. V, fig. 101 à 130.

Commençons notre description par le nématode qui vit dans l'intestin de la taupe, la *Spiroptera strumosa*.

I. Vésicule germinative. — Œuf.

La vésicule germinative se présente généralement, au centre de l'œuf, comme un noyau volumineux, ovale de forme ou sphérique au moment de la pénétration du spermatozoïde, FIG. **102** et **103**. On y distingue une membrane, une portion plasmatique nettement réticulée et une grosse tache de WAGNER, ou nucléole nucléinien, *ni;* nous y avons remarqué aussi, quoique rarement, un ou deux petits nucléoles plasmatiques, *np*, FIG. **102**. Le nucléole nucléinien se colore sensiblement par le vert de méthyle; tous les autres éléments restent incolores. Ce nucléole est formé de bâtonnets irrégulièrement placés, mais que l'on peut cependant compter sur certains œufs; ils sont au nombre de huit. Tantôt ils sont réunis en un corps unique, mais tantôt aussi ils sont séparés en deux masses contiguës, de quatre bâtonnets chacune, FIG. **102**; il est rare de les voir aussi distantes que dans cette figure. Séparés ou contigus, les groupes dont nous parlons constituent un nucléole unique, analogue à nos nucléoles-noyaux, car ils sont entourés, comme ces derniers, d'une membranule commune, FIG. **101***C* et **103**, visible surtout après l'enlèvement de la nucléine par le carbonate potassique ou l'acide chlorhydrique. Les bâtonnets ont une tendance marquée à se grouper par quatre à l'intérieur du nucléole, au moment où la cinèse va commencer, FIG. **103** et **104**.

La genèse de la vésicule germinative n'est pas difficile à suivre dans la *Spiroptera*; elle est d'ailleurs assez exactement calquée sur celle de l'*Ascaris megalocephala*. La FIG. **101** a pour but de mettre cette genèse en évidence. En *A*, on voit un très jeune œuf dont le noyau est muni d'anses nucléiniennes, faciles à suivre sur une certaine étendue et apparemment reliées entre elles d'une manière continue. Les cinq figures *B* montrent la scission graduelle des anses en huit tronçons n', et l'accumulation de ces derniers au centre du noyau, pour y constituer le nucléole n'', ou les deux masses séparées que nous y avons signalées n'''. Dans les deux jeunes œufs, *C*, la vésicule a acquis sa constitution définitive; on y distingue en effet tous les éléments que nous venons d'y décrire, et en particulier le nucléole *ni*. Il serait superflu d'entrer dans de plus amples détails à ce sujet.

Quant aux œufs, ils ne présentent rien de spécial. On remarquera facilement la présence d'une membrane primaire, m', sur les œufs *B* et *C*, à l'endroit ou les réactifs en ont séparé le cytoplasme. Les granulations de cette membrane sont l'indice du réticulum délicat que nous avons représenté en m' de la FIG. **102**. Les œufs sont dépourvus de plaques vitellines volumineuses.

II. Premier globule polaire.

Les œufs ont été traités par les diverses méthodes indiquées dans le mémoire précédent (1); nous n'y reviendrons pas. Nous y avons ajouté seulement un nouveau procédé qui nous a paru surtout favorable à la coloration subséquente de l'élément nucléinien de la vésicule par le vert de méthyle. Il consiste à fixer les œufs dans l'alcool absolu additionné d'acide acétique glacial, dans la proportion de 1 partie d'acide pour 3 parties d'alcool. On opère comme avec l'alcool sulfureux.

1° *La figure caryocinétique.*

Nous insisterons seulement sur les particularités que nous avons remarquées chez la *Spiroptera strumosa* (2). On ne saisit aucun indice de figure avant la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf; une fois formée, la vési-

(1) *La vésicule germinative, etc., chez l'Ascaris megalocephala*, p. 17 et sqq.

(2) Nous ne reviendrons pas sur les phénomènes généraux de la division : formation du fuseau et des asters, modifications du réticulum cytoplasmatique, disparition de la figure, etc.; ils ont été traités avec assez de détails dans nos deux mémoires précédents sur la *Cytodiérèse*.

cule germinative reste au repos, et son élément nucléinien ne subit guère de changement. Les FIG. **102**, **103**, **104**, **106** montrent qu'elle se maintient dans son intégrité morphologique jusqu'à l'approche du spermatozoïde *ns*, et le début de la cinèse; elle ne subit donc, normalement, ni ratatinement, ni déformation.

Les initiales de la cinèse sont marquées sur les FIG. **104** et **106**. Il se fait dans le noyau un travail qui a pour premier effet de modifier les trabécules du réticulum plastinien et de les ordonner grossièrement suivant l'axe organique du noyau; la membrane demeure intacte. Sur la FIG. **104**, le nucléole, *ni*, est encore à peu près stationnaire. Mais d'autres fois les bâtonnets se séparent et se répandent irrégulièrement dans le caryoplasma, ainsi que l'indique la FIG. **106**. Il est alors aisé de les compter; ils sont invariablement au nombre de huit.

Avant d'aller plus loin, il importe de noter une particularité dont il sera plusieurs fois question dans ce mémoire. Déjà à ce premier début, du moins sur certains œufs, les bâtonnets nucléiniens portent en leur milieu un espace clair, comme s'ils allaient entrer en division longitudinale. La FIG. **103** semble même indiquer que ce détail peut se rencontrer dans la vésicule, avant la cinèse; peut-être même y existe-t-il depuis longtemps (1), mais les bâtonnets sont trop entassés généralement pour qu'on puisse en juger. Quoi qu'il en soit, dès le début de la cinèse, il est nettement visible, et, à partir de ce moment, il le restera jusqu'à la formation du second globule. Nous dirons, plus tard, ce qui se passe ensuite dans les bâtonnets.

L'étape suivante de la cinèse est indiquée dans la FIG. **105**; la membrane nucléaire entre en résolution et le fuseau se dessine plus nettement dans le caryoplasma. On remarque souvent que la membrane disparaît d'abord à un pôle, au pôle inférieur sur la figure précitée; tandis qu'elle persiste à l'autre, *mn* de la même figure. Le fuseau et les asters suivent la même marche; la FIG. **105** le montre également. En effet, à sa partie inférieure, l'aster *a* et le fuseau sont parfaitement constitués, mais à sa partie supérieure les réticulums nucléaire et cytoplasmatique *a'* n'ont encore subi qu'une transformation incomplète. Nous avons rencontré mainte fois la FIG. **105**. Nous avons signalé des phénomènes semblables chez l'*Ascaris megalocephala* et chez les arthropodes.

Bientôt cependant la membrane s'évanouit, les asters et le fuseau acquièrent leur plein épanouissement.

(1) Mémoire précédent, FIG. **3**, p. 11, — ainsi que les FIG. **131** et **132**, PL. V du présent travail.

Pendant que s'opère la résolution de la membrane, le caryoplasma demeure beaucoup plus distinct du cytoplasme que chez l'ascaride du cheval. On ne constate pas cette fusion intime des deux plasmas que nous avons décrite et figurée dans notre travail précédent (1). Sans doute, le caryoplasma est en libre communication avec l'enchylème cytoplasmatique, mais son réticulum reste indépendant, et l'on voit nettement que le fuseau en dérive, à peu près comme dans la caryocinèse intérieure.

Le fuseau s'élabore dans le noyau tout entier, aussi bien dans les portions latérales dépourvues de bâtonnets, que dans la portion centrale où gisent ces derniers; la FIG. **105** est on ne peut plus démonstrative à cet égard. Ce fait incontestable prouve une fois de plus que les filaments du fuseau sont totalement indépendants des éléments nucléiniens, opinion que nous avons cherché à établir dans nos travaux antérieurs.

Vu en coupe équatoriale, le fuseau est plus sphérique que celui de l'ascaride du cheval; il est cependant assez souvent un peu lenticulaire. Il est droit et régulier, ou concavo-convexe FIG. **112**. Son diamètre équatorial, dans les figures bien développées, est assez considérable; vu à plat ou de profil, comme dans les FIG. **107** à **113**, le fuseau a sensiblement la forme d'un losange, à cause de sa grande ouverture à l'équateur. Avec le temps, si pas originairement, le fuseau est formé de deux moitiés symétriques, FIG. **108** à **111**; mais il reste toujours incomparablement moins ouvert que celui de l'*Ascaris megalocephala*. Chacune de ses moitiés porte toujours quatre bâtonnets.

Cependant l'élément nucléinien est loin de se comporter durant la cinèse comme celui de l'ascaride du cheval. Chez ce dernier, les deux taches de WAGNER restent entièrement stationnaires; elles ne se défont pas, elles se trouvent, dès le début, et telles qu'elles étaient auparavant, à l'équateur du fuseau. Il n'en est pas ainsi chez la *Spiroptera strumosa*. Le nucléole se disloque et les huit bâtonnets se répandent dans le caryoplasma, comme cela se voit, dans la cinèse ordinaire, après la scission de la forme pelotonnée. Mais il y a des degrès dans leur dissociation. Tantôt ils s'éloignent peu de leur emplacement primitif, et l'on reconnaît généralement encore les deux groupes de quatre bâtonnets, FIG. **105**; cette figure est assez fréquente. Mais la FIG. **106** ne l'est pas moins. Ici les huits bâtonnets sont éparpillés sans ordre apparent dans tout le noyau. Nous disons

(1) Voir les FIG. **10** à **15**, **23** à **25**, PL. I, et p. 21 du texte.

sans ordre apparent, car, le plus souvent, tout indice de groupement quaternaire a disparu. Néanmoins, nous ne voudrions pas affirmer que les bâtonnets de chaque groupe primitif ne finissent pas par se rassembler sur un demi-fuseau; la FIG. **106**, que nous avons reproduite à dessein, semble au contraire indiquer qu'il en est ainsi, car on y distingue quatre bâtonnets dans chacune des moitiés, gauche et droite, du noyau : indice de la dualité originelle du fuseau qui commence à peine à s'élaborer. L'étape suivante est marquée par la FIG. **107**; le fuseau et les asters étant achevés, les bâtonnets commencent à se porter vers l'équateur; les deux groupes quaternaires y sont distincts; ils le sont beaucoup moins sur d'autres figures. Remarquons, en passant, que chaque bâtonnet est marqué d'une ligne blanche longitudinale.

Après s'être rassemblés à l'équateur, les bâtonnets s'ordonnent en couronne véritable, FIG. **108** et **111**. Le plus souvent cette couronne est binaire, comme le fuseau lui-même. Les bâtonnets des figures précitées sont droits et parallèlement rangés; parfois ils sont irrégulièrement courbés, ou la couronne manque également de régularité. Bref, il y a chez la *Spiroptera strumosa* une couronne équatoriale, et cette couronne, à part la dualité qu'elle présente, se forme exactement comme dans la cinèse ordinaire.

Pendant que ces phénomènes s'exécutent, ici un peu plus tôt, là un peu plus tard, la figure se porte vers un pôle de l'œuf. En comparant un grand nombre de figures à divers stades et dans diverses positions, on arrive à cette conclusion que, généralement, la figure ne suit pas la ligne droite dans sa marche ascendante; son axe s'infléchit vers un côté de l'œuf, et elle arrive ainsi au pôle dans une position oblique, FIG. **109** et **110**. Là elle conserve cette position, FIG. **114** et **116**; ou bien elle devient sensiblement droite, FIG. **113**; ou, enfin, elle continue à s'infléchir pour se placer perpendiculairement à l'axe de l'œuf, FIG. **111** et **112**. On peut donc affirmer qu'elle occupe indifféremment toutes les positions par rapport à l'axe organique de l'œuf. Il est une circonstance qui permet de déterminer sûrement la position finale de la figure dans la *Spiroptera* : nous voulons parler de la facilité avec laquelle on peut saisir les commencements de sa dislocation au sommet de l'œuf, car, une fois cette dislocation commencée, la position de la figure ne change plus. C'est pourquoi nous avons choisi comme exemples des figures en voie de disparition : FIG. **110**, **113** à **116**. Nous allons revenir sur ce sujet.

Après avoir persisté un certain temps, les couronnes équatoriales se défont. Les FIG. **109**, **110**, **113** donnent une idée de la dislocation immédiate

de la couronne. Dans la FIG. **110**, l'un des groupes s'est jeté de côté en éparpillant ses éléments; l'autre est encore presque intact. Sur les deux autres figures, les bâtonnets des deux groupes se sont portés de côté et d'autre de la ligne équatoriale, en reprenant l'aspect qu'ils présentaient à l'étape antérieure à celle de la couronne FIG. **107**. C'est à ces mouvements de déplacement que se borne le phénomène. Dans aucun cas on n'observe le retour des éléments vers les pôles de la figure; il n'y a donc point de couronnes polaires proprement dites. La division, soit longitudinale, soit transversale des bâtonnets ne s'observe pas davantage au sein de la couronne équatoriale.

En même temps la figure toute entière s'atténue et disparaît graduellement. Sous beaucoup de rapports les détails de cette disparition peuvent se suivre plus aisément que sur les œufs de l'*Ascaris megalocephala*, parce que le fuseau ne s'ouvre ni ne se brise; les figures restent intactes au sein du cytoplasme. C'est ce qui fait également que l'on peut déterminer leur orientation précise, ainsi que nous l'avons dit plus haut, au moment où elles retournent à l'état quiescent. Les divers types de ce retour sont marqués dans les FIG. **110**, **111**, **113** à **116**. Dans la FIG. **110** les filaments s'atténuent d'abord à l'équateur du fuseau; en même temps les granules du cytoplasme y font irruption. Dans la FIG. **113**, où le fuseau est parallèle à l'axe ovulaire, la figure commence à s'effacer au pôle supérieur; l'aster y a déjà totalement disparu et les granules envahissent le sommet du fuseau. La dislocation est plus avancée sur les FIG. **114** et **116**. Elle y a débuté également au sommet de la figure, légèrement inclinée; le fuseau y a presque entièrement disparu; il ne reste plus que l'aster inférieur qui a conservé toute sa puissance. Enfin, dans les FIG. **115** et **117**, la figure est revenue à l'état de repos; tous les bâtonnets, n^1, sont groupés à l'un des sommets de l'œuf, à peu près comme ils l'étaient dans la vésicule elle-même.

Considérons maintenant les FIG. **111** et **112**, qui ont un fuseau perpendiculaire à l'axe de l'œuf. Jusqu'ici, elles sont intactes. Mais déjà, sur la FIG. **112**, les granules ont envahi les asters, et ils ne tarderont pas à s'insinuer dans le fuseau; l'œuf finera bientôt par prendre l'aspect de la FIG. **115**. Au contraire, dans la FIG. **111**, les asters, quoique modifiés dans leur forme, ont, pour ainsi dire, acquis une nouvelle puissance. Leurs rayons descendent parallèlement dans l'œuf et vont s'anastomoser avec ceux du grand aster inférieur, *ap*, dont nous allons parler. Dans ce cas, le fuseau seul disparaît. Les deux asters se rapprochent, à mesure, des groupes nucléiniens et l'image de l'œuf devient identique à celle de la FIG. **117**, c'est-à-

dire que les bâtonnets, groupés comme ceux de la vésicule de la FIG. **104**, se trouvent au centre d'un immense aster.

L'aspect de la FIG. **117** peut, du reste, se produire d'une autre façon. Nous avons dit que, dans les FIG. **113**, **114** et **116**, l'aster inférieur de la figure cinétique s'était maintenu dans toute sa force. Or cet aster, à mesure que le fuseau disparaît, semble progresser vers le groupe nucléinien, et bientôt ce dernier se trouve au centre de rayons puissants, semblables à ceux de l'aster polaire inférieur, *ap*. On obtient donc ainsi également la FIG. **117**; mais, dans ce cas, l'aster polaire supérieur dérive d'un seul des asters cinétiques, et non de la fusion des deux.

Nous venons de mentionner les grands asters polaires : *ap*, dans nos FIG. **104**, **105**, **107** à **109**, **111**, **117**, etc.; le moment est venu d'en dire quelques mots.

Ces asters sont indépendants des asters ordinaires de la figure caryocinétique; les FIG. **108** et **109**, etc. le prouvent suffisamment. Ils apparaissent toujours, comme on le voit, au pôle de l'œuf, opposé à celui vers lequel se dirigera la figure avec les bâtonnets qu'elle entraîne. Ils naissent très tôt, au moment où l'œuf entre en mouvement pour la cinèse, FIG. **104** et **105**; mais ils s'accentuent jusqu'à la disparition de la figure. A l'aspect de la FIG. **117**, que l'on rencontre très fréquemment, nous avions cru un instant que ces sortes d'asters naissaient à la fois aux deux pôles de l'œuf. Cependant, malgré nos recherches, nous n'avons pas trouvé d'asters bien nets au pôle supérieur, avant l'arrivée de la figure; en règle générale, ils ne s'y forment pas. Nous avons décrit plus haut la manière dont il faut concevoir leur singulière genèse.

Quoi qu'il en soit, ces asters singuliers représentent les asters surnuméraires de divers ordres, que nous avons décrits chez l'*Ascaris megalocephala*. De même que chez ce dernier, ils intéressent le cytoplasme dans son ensemble, et ils se développent aux dépens de la portion de son réticulum plastinien, laissée en dehors de la figure cinétique. Seulement, dans la *Spiroptera*, il n'y a que deux centres de rayonnement; tandis que chez l'*Ascaris* il y en a un très grand nombre, aussi les asters y sont-ils ténus. Ces différences tiennent sans doute à la constitution intime du réticulum lui-même, dont les caractères doivent vraisemblablement varier suivant les espèces.

Il est une autre particularité qui montre combien la cinèse influe sur la cellule elle-même; ce sont les modifications qui se succèdent à l'intérieur

de la masse plasmatique. Le lecteur peut se les représenter en parcourant des yeux les FIG. **102**, **103** et **106**, d'une part, et les FIG. **107** à **118** de l'autre.

Les premières reproduisent l'aspect des œufs à l'état de repos, avant la cinèse; le protoplasme y est grossièrement granuleux, sans être chargé d'enclaves volumineuses, comme chez plusieurs autres nématodes; les plaques vitellines proprement dites y font en effet défaut.

Au début de la cinèse, le cytoplasme s'éclaircit au centre, à l'entour de la figure cinétique, FIG. **105** et **108**; il devient bientôt finement granuleux et transparent, FIG. **107**. Plus tard, les granules grossiers reparaissent à l'équateur de l'œuf, d'abord sous la forme d'une zone mince et linéaire FIG. **109**, mais qui s'étend ensuite de chaque côté, FIG. **113**, **111** et **117**, pour se répandre jusqu'au voisinage des pôles, FIG. **110**. On peut voir en comparant les étapes représentées par ces figures, que ce changement a lieu, tantôt plus tôt, tantôt plus tard. Alors le phénomène reprend sa marche inverse. L'œuf s'éclaircit de nouveau à l'équateur, FIG. **114**. La plage hyaline gagne ensuite de proche en proche jusqu'aux pôles; dans ces deux régions seulement on trouve encore des granules plus volumineux, en même temps que des vacuoles, FIG. **115**. Cette figure est très constante. C'est habituellement alors que les asters polaires s'évanouissent. Cependant ils persistent parfois beaucoup plus longtemps. Ainsi on les voit dans la FIG. **117**, où le premier globule va se former; ils existent encore après la sortie de ce dernier, sur la FIG. **122**, et même après la formation du second, sur la FIG. **127**; mais ce sont là des exceptions. Enfin les vacuoles polaires et les granules interposés disparaissent à leur tour et font place à de fines granulations; l'œuf présente alors l'aspact homogène et uniforme qu'il conservera, durant les étapes suivantes, jusqu'à la segmentation et la formation de l'embryon, FIG. **118** et suivantes. On le voit, rien de plus curieux que ces transformations et ces mouvements incessants du réticulum et de l'enchylème ovulaires.

2° *Formation et expulsion du premier globule polaire.*

Nous avons vu plus haut comment les figures cinétiques disparaissaient au sommet de l'œuf, et comment le noyau et le protoplasme repassaient à l'état de repos.

Après l'évanouissement du fuseau et des asters, ou de l'aster supérieur seulement, les bâtonnets demeurent directement plongés dans le cytoplasme cellulaire. Leur groupement varie. Tantôt ils forment une masse irrégulière, FIG. **114** à **116**; ailleurs ils sont distribués en deux groupes distincts, quoique

contigus; enfin, plus fréquemment encore, ils s'ordonnent sous la forme de deux croissants, placés pointes à pointes et formant, dans leur ensemble, un cercle de huit bâtonnets; la FIG. **117** se rencontre en effet très communément à ce stade. Elle reproduit, il est bon de le faire remarquer, l'aspect de la tache de WAGNER, avant la cinèse. Peu à peu, le groupe des bâtonnets s'avance vers la périphérie, jusqu'à la membrane ovulaire. On constate assez souvent que les bâtonnets, toujours au nombre de huit, sont traversés dans le sens de leur longueur, par une ligne blanche, comme aux étapes antérieures, FIG. **114**. A ce moment ils s'ordonnent en deux groupes distincts, mais voisins l'un de l'autre. Bientôt l'œuf se bombe; le groupe extérieur suit ce mouvement, en s'éloignant de plus en plus de l'intérieur. Ils sont reliés entre eux par un faisceau de filaments, d'une grande ténuité, comme on peut le voir sur la FIG. **118**, et qui constitue notre fuseau de séparation (1). Parfois ce fuseau reste très court. Mais souvent aussi il s'allonge considérablement, en étirant la protubérance de l'œuf; nous avons vu de ces protubérances qui étaient doubles en longueur de celle de la FIG. **118**.

Or, il y a toujours quatre bâtonnets primitifs dans chacun des deux groupes; jamais, dans cette espèce, les bâtonnets ne subissent de division, ni transversale, ni longitudinale, malgré les indices marqués de cette dernière. Ce fait est certain. Nous avons vu à plusieurs reprises dans le futur globule polaire, quatre bâtonnets portant la ligne longitudinale claire, tant de fois mentionnée, et même plus tard encore après la séparation du globule, ainsi qu'on le voit nettement sur la FIG. **125**, g^1. D'ailleurs il ne reste, dans tous les cas, que *quatre* bâtonnets dans l'œuf, FIG. **118**, **121** à **123**; s'ils avaient subi une division quelconque, il y en aurait nécessairement huit.

Le mode de séparation du premier globule est indiqué sur les FIG. **118** et **119**. La première de ces figures est fréquente. Au milieu du fuseau de séparation, on voit se marquer, au niveau de la surface extérieure de l'œuf une ligne granuleuse, p, d'une extrême délicatesse; cette ligne s'accentue en même temps que la portion sous-jacente devient granuleuse, comme le contenu ovulaire. Le globule s'isole et se détache par le clivage de cette plaque.

La FIG. **119** est des plus instructives. Cette figure n'est pas commune; cependant nous l'avons rencontrée au moins une trentaine de fois. Le globule g^1 renferme une masse considérable de protoplasme.

(1) Voir mémoire précédent, p. 35 et suivantes.

A voir la figure, on dirait que la séparation de cette cellule polaire est accompagnée d'un étranglement assez profond. Cependant il n'en est pas ainsi. Une plaque ponctuée, traverse le cytoplasme de part en part, ainsi que nous avons pu nous en assurer plusieurs fois sur d'autres œufs. L'étranglement apparent est le simple résultat du dédoublement de la plaque; ce clivage est d'ailleurs nettement marqué sur la FIG. **119**. La cellule g^1 sera de plus en plus refoulée contre la membrane de l'œuf, et y restera visible encore pendant bien longtemps. Si l'on n'y prenait garde, on confondrait ces œufs avec ceux qui sont en voie de subir la segmentation inégale, à la suite de la fécondation, FIG. **253** et **254**, PL. VIII. Mais les détails de l'intérieur de l'œuf : g^2, n^3, *ns* montrent que l'on a sous les yeux la formation d'un véritable globule. De pareils faits prouvent à l'évidence que le globule polaire a la valeur d'une cellule, et qu'il naît par voie de segmentation ordinaire (1). Nous mentionnerons plus loin d'autres exemples semblables.

III. Second globule polaire.

La formation du second globule polaire chez la *Spiroptera* nous a d'abord embarrassé. Sur un grand nombre d'œufs, nous ne trouvions pas de second globule; en outre, toutes nos recherches, pour découvrir la seconde figure cinétique, étaient vaines. Voici comment les choses se passent.

Après l'expulsion du premier globule, il reste dans l'œuf quatre des bâtonnets primitifs, dans l'état où ils étaient auparavant; ils ont le même aspect et le même volume, seulement il est plus facile d'y voir la ligne hyaline médiane, FIG. **118**, **121** à **123**. Ces bâtonnets sont habituellement situés près du pôle, FIG. **118** et **123**, cependant il n'est pas rare de les rencontrer assez loin dans le cytoplasme ovulaire, FIG. **121** et **122**. Lorsque les asters polaires persistent jusqu'à ce stade, ce qui est assez rare, avons-nous dit, on trouve parfois les quatre bâtonnets au centre de l'aster supérieur; la FIG. **122** en fournit un exemple remarquable.

En commençant, les éléments nucléiniens sont assez souvent rapprochés, mais il ne tardent pas à se distribuer en deux groupes binaires; comme cela se voit sur les figures précédentes.

Jamais ils ne se reconstituent, après la cinèse, en noyau nouveau, par l'adjonction d'une membrane; ils demeurent directement plongés dans le cytoplasme : n^2, sur les FIG. **118**, **122** et **123**. Cependant ce dernier ne tarde pas à

(1) Mémoire précédent, p. 40.

s'éclaircir autour du groupe n^2; mais, d'après nos observations, la seconde figure cinétique se forme rarement; nous avons reproduit dans la FIG. **124** la seule figure réussie que nous ayons rencontrée, et cependant nous avons sacrifié un très grand nombre de spiroptères. Çà et là, nous avons vu un semblant de striation dans le cytoplasme environnant; mais rien de net. Le second globule ne serait donc pas, en règle générale, précédé d'une figure cinétique. Ce détail ne nous paraît pas d'une grande importance, car nous savons que la figure se détruit avant la formation du globule, et que les bâtonnets reviennent alors à leur état antérieur.

Considérons les groupes n^2 de nos figures. L'auréole, dont ils s'entourent tout d'abord, gagne du terrain. Lorsque les deux groupes binaires sont rapprochés, FIG. **121**, cette auréole est commune. Mais le plus souvent chacun d'eux s'entoure d'une auréole propre et, alors, il arrive toujours que l'une est beaucoup plus petite que l'autre, FIG. **119**, **120** et **127**. Chaque groupe s'entoure finalement d'une membranule, à la périphérie de l'auréole. Deux noyaux complets sont ainsi formés, ainsi que le montre les FIG. **119**, **120**, **127** et **128**. Le petit est le second globule polaire g^2; le grand, le noyau définitif de l'œuf n^3. Ils ont chacun deux bâtonnets; mais ceux du petit noyau se colorent beaucoup plus vivement, et prennent, surtout un peu plus tard, la teinte foncée, caractéristique des globules polaires, sous l'influence du vert de méthyle.

Alors deux cas peuvent se présenter : le globule est expulsé, FIG. **125** et **126**; ou bien il reste définitivement dans l'œuf, FIG. **128**, **129** et **130**. Ce dernier cas nous paraît être le plus fréquent. Sur vingt-cinq œufs qui se trouvaient côte à côte, dans un tronçon d'ovaire, au stade des FIG. **128** et **129** ou à un stade plus avancé, nous avons constaté sur dix-huit la présence du globule à l'intérieur de l'œuf. Ce corps est aisé à reconnaître : sa petitesse, sa forme sphérique, ses deux bâtonnets souvent encore visibles, et par dessus tout la coloration très intense qu'il prend avec le vert de méthyle, sont ses caractères constants. Il persiste très longtemps sans se détruire; nous l'avons retrouvé plusieurs fois, avec toutes ses propriétés, à côté de la figure de segmentation, et même dans l'une ou l'autre des jeunes cellules embryonnaires. Quant à sa position, elle est fort variable. Assez souvent il se trouve au sommet du noyau femelle, FIG. **130**; souvent aussi il se trouve sur le côté, entre les deux noyaux, FIG. **129**; enfin il n'est pas rare de le rencontrer au pôle supérieur, FIG. **119**, voire même au pôle opposé. Il est comme frappé d'arrêt au sein du protoplasme; pendant que le noyau n^3 se développe et grandit

à côté de lui, il reste tout à fait stationnaire. Disons seulement, pour achever son histoire, que ses deux bâtonnets subissent parfois, au début, la division longitudinale dont il sera question plus loin; on voit en effet quatre bâtonnets dans le globule g^2 de la FIG. **120**.

On pourrait se demander pourquoi le globule, tantôt sort, et tantôt ne sort pas. Il est sans doute expulsé lorsqu'il se trouve près de la surface de l'œuf et que d'ailleurs il est tout à fait indépendant de son voisin. Ces conditions étaient vraisemblablement réalisées dans la FIG. **125**; il semble même que le globule g^2 en est sorti, comme d'habitude, avant de s'être entouré d'une membrane, car le noyau n^3 n'en a pas encore. Lorsqu'il naît à l'intérieur de l'œuf, ou lorsqu'il est comme collé au noyau femelle, FIG. **128**, on conçoit que son expulsion soit rendue très difficile.

IV. Élaboration des noyaux de conjugaison.

En étudiant la formation des globules polaires chez la spiroptère, nous avons constaté un phénomène qui nous a paru offrir le plus vif intérêt scientifique : les deux bâtonnets du noyau ovulaire, n^3, et les quatre bâtonnets du noyau spermatique, *ns*, subissent la division longitudinale. Ce fait nous a engagé à esquisser brièvement l'élaboration des deux noyaux au sein de l'œuf, avant leur conjugaison

1° *Noyau femelle ou ovulaire.*

Nous savons comment ce noyau s'élabore. Des huit bâtonnets primitifs, renfermés dans la vésicule germinative, six sont expulsés : quatre avec le premier globule; deux avec le second. Il en reste donc deux dans l'œuf. Or ces deux bâtonnets privilégiés s'entourent immédiatement d'une membrane en enrobant une portion du cytoplasme ovulaire, dans laquelle on retrouve ses deux éléments constituants, le réticulum plastinien et l'enchylème hyalin, FIG. **119**, **120**, **126** à **128**. Le caryoplasma du noyau définitif de l'œuf est donc réticulé, et il est indépendant de l'élément nucléinien, dès sa première origine. A peine le noyau est-il élaboré, que les deux bâtonnets entrent en division longitudinale. Ce fait est certain. Ils portaient depuis longtemps des indices de cette division. Nous avons en effet mentionné l'apparition, au milieu du bâtonnet, d'une ligne hyaline non colorable par le vert de méthyle, dès avant la première cinèse, au sein même de la vésicule, FIG. **103**. Nous avons retrouvé cette particularité durant tous les stades ultérieurs de la formation des globules polaires : témoins les FIG. **107**, **114**, **121** à **123**;

jamais cependant la division ne s'est réalisée. Nous avons donc eu raison d'affirmer (1) que de tels indices peuvent se manifester dans un noyau au repos, et qu'ils ne sont pas par eux-mêmes des signes certains de division prochaine. Voici, en effet, des bâtonnets qui conservent ces indices depuis la vésicule jusqu'à la formation complète du noyau de l'œuf, et ils traversent deux cinèses successives sans se diviser le moins du monde. C'est seulement au sein du noyau reformé et, par conséquent, peut-on dire, en dehors de toute cinèse, que cette division s'effectue. Nous disons en dehors de toute cinèse, dans un noyau au repos; car tout le monde admet que la cinèse est achevée lorsque les nouveaux noyaux sont pourvus de leur membrane. S'il pouvait rester quelque doute à cet égard, qu'on veuille bien se reporter à ce que nous allons dire du noyau spermatique; celui-ci n'est pas entré en cinèse au sein de l'œuf, ni même depuis la formation du spermatozoïde, et il n'y entrera pas de sitôt. Comme le noyau ovulaire, il devra en effet subir une série de transformations, et passer par la forme pelotonnée avant de subir ce phénomène (2).

Quant au mécanisme de la division, il est très simple; les bâtonnets s'étranglent et se coupent suivant la ligne hyaline qu'ils portaient, FIG. **119**,n^3, etc. Après leur isolement, les nouveaux bâtonnets ne tardent pas à se séparer et à se répandre dans le caryoplasma, ainsi que cela se voit sur les FIG. **120**, **126** à **128**,n^3.

Il est difficile de constater ce qui se passe ensuite dans le noyau ovulaire. En effet, à partir de ce moment, les éléments nucléiniens se colorent beaucoup plus difficilement par le vert de méthyle; il n'est donc pas aisé de découvrir les bâtonnets à travers le cytoplasma, au sein du caryoplasma réticulé. A cinq ou six reprises, nous avons pu constater l'existence d'une nouvelle division longitudinale, FIG. **128**, n^3; il y aurait donc primitivement huit bâtonnets dans le noyau femelle. Ces bâtonnets s'allongent ensuite en se courbant et en perdant de plus en plus de leur régularité; on rencontre en effet constamment, à ce premier stade, la FIG. **129**,n^3, qui a été copiée exactement. Ces mouvements de l'élément nucléinien se continuent; les anses se multiplient et s'accentuent, et bientôt le noyau n^3 présente l'aspect qu'il possède dans la FIG. **130**. Ce stade précède immé-

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 201.

(2) Nous ne nions pas, loin de là, la possibilité de rencontrer la division longitudinale pendant les cinèses polaires chez d'autres animaux. Le lecteur saura tout à l'heure ce qui se passe chez certains nématodes.

diatement la conjugaison; le noyau se colore encore difficilement par le vert de méthyle; il nese colorera d'une manière sensible qu'un peu plus tard, ainsi qu'il sera dit plus loin.

Il résulte de cette description que l'élément nucléinien, ou la nucléine, à aucun stade, ne se dissout ni ne se répand en granules isolés dans le caryoplasma. Même lorsqu'il ne se colore plus par le vert de méthyle, on aperçoit aisément, à l'intérieur du noyau, des anses ou des tronçons très réfringents. A toutes les périodes, on recueille des images identiques à celles de nos deux FIG. **129** et **130**. L'élément nucléinien, qu'il soit continu ou divisé en tronçons, présente donc toujours une forme figurée, et se maintient rigoureusement sous cette forme, après l'expulsion des globules polaires, jusqu'à la conjugaison. Le travail qui s'opère dans le noyau, après la division longitudinale de ses bâtonnets primitifs, consiste uniquement dans l'élaboration d'un filament, d'un réticulum chromatique si l'on veut, à l'aide des quatre ou des huit bâtonnets qui résultent de cette division, c'est-à-dire que ce *travail est identique* à celui qui suit toute division cinétique, et qui se fait pendant la reconstitution des noyaux nouveaux. Nous avons insisté longuement sur ce dernier point dans un travail antérieur (1).

2° *Noyau mâle ou spermatique.*

L'évolution du noyau mâle, à l'intérieur de l'œuf, suit exactement celle du noyau femelle, après l'expulsion du second globule polaire. Chez la spiroptère, le noyau spermatique, alors qu'il est encore attaché au spermatozoïde, renferme quatre bâtonnets de nucléine; ces bâtonnets sont très visibles et très distincts. Le noyau est d'abord petit, comme dans tous les nématodes, FIG. **102**, **108**, **109**, etc., *ns*. Mais il se développe bientôt, et grandit progressivement. Au début, la membrane quoique distincte est, pour ainsi dire, collée sur les bâtonnets; au sein de l'œuf, il se nourrit, son caryoplasma s'enrichit, et sa membrane se dilate, FIG. **104**, **107**, **110** et **111**. Pendant ces changements les quatre bâtonnets demeurent toujours séparés; ils ne subissent d'ailleurs aucun mouvement apparent. Cependant ils se marquent, à peu près vers cette époque, d'une ligne hyaline semblable à celle des bâtonnets de la vésicule, ou de la première figure cinétique. Ce phénomène a lieu, ici un peu plus tôt, là un peu plus tard, ainsi qu'on peut en juger par les divers stades des FIG. **105** à **116**. Ainsi, sur les FIG. **115**

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 350, etc..

et **116**, dans lesquelles la première cinèse est terminée, le noyau spermatique, *ns*, est encore peu développé et ses bâtonnets sont restés homogènes; tandis que dans les FIG. **107** et **111**, qui sont beaucoup moins avancées, les bâtonnets portent déjà des indices non équivoques de division longitudinale. Quoi qu'il en soit, vers la fin de la première cinèse, le noyau prend de l'extension; son caryoplasma augmente et présente une structure nettement réticulée, FIG. **107**, **117**, **118** et **120**, *ns*. Notons en passant que le réticulum caryoplasmatique ne peut provenir des bâtonnets, soit par étirement soit autrement; car ils sont stationnaires; le réticulum se développe à mesure que le noyau se nourrit par osmose aux dépens du protoplasme ovulaire.

Le moment est venu pour les bâtonnets de se séparer en deux moitiés. Ce phénomène s'effectue comme dans le noyau femelle; on en a reproduit les divers stades dans les FIG. **118**, **120**, **121**, **122** et **127**. Une fois divisés, les bâtonnets se répandent dans le caryoplasma, FIG. **121**, **122** et **127**. Le noyau grandit toujours, et son réticulum plastinien s'accentue, FIG. **127**.

A ce moment, il y a donc huit bâtonnets distincts dans le noyau spermatique.

La transformation des bâtonnets en réticulum, ou en filament continu, se fait exactement de la même manière que dans le noyau femelle. Les bâtonnets s'allongent, FIG. **119** et **126**, ils se courbent en formant de nouvelles anses irrégulières FIG. **128** et **129**, et ils prennent insensiblemeut l'aspect du noyau mûr pour la fécondation, *ns*, FIG. **130**.

Entretemps les deux noyaux viennent se placer l'un près de l'autre au centre de l'œuf. Habituellement le noyau mâle est en bas. Les FIG. **129** et **130** rendent très bien la disposition typique des noyaux dans la majorité des œufs. On remarquera que le noyau ovulaire est plus petit que le noyau spermatique; il en est souvent ainsi, même au moment de leur fusion. Les œufs de la spiroptère fournissent un moyen facile de reconaître dans beaucoup de cas le noyau femelle; en effet, nous avons dit que le globule polaire lui demeurait assez souvent attaché.

II.

Nématode du Scyllium canicula(1) : Pl. VI. fig. 134 à 172.

Nous avons trouvé ce nématode dans l'estomac du *Scyllium canicula* (*la roussette*).

L'étude des phénomènes qui accompagnent la formation de ses globules polaires nous a paru assez intéressante pour nous y arrêter quelques instants.

I. Vésicule germinative. — Œuf.

Comme dans l'espèce précédente, les œufs très jeunes possèdent un noyau ordinaire. Le filament nucléinien y est assez puissant, il paraît continu, FIG. **134***A*. Cet état du boyau est de courte durée; bientôt, en effet, il se ramasse au centre du noyau, FIG. **134***B*,*ni*. Nous n'avons pu voir s'il se scindait d'abord en tronçons; nous croyons plutôt qu'il se localise par le retrait de ses anses, pour constituer un nucléole nucléinien pelotonné. Ainsi naît la tache de WAGNER. Elle est toujours simple; elle se colore peu par le vert de méthyle. Après la formation du nucléole, le caryoplasma est nettement réticulé. Cette structure s'y accentue, à mesure que l'œuf se développe; on peut s'en convaincre par les FIG. **134***C* et **135**,*rn*. Nous n'avons jamais vu de nucléole plasmatique dans ces noyaux, à aucune époque de leur développement.

Le protoplasme ovulaire ne présente rien de remarquable. On y voit un réticulum à mailles assez larges, irrégulières et remplies de granules plus ou moins volumineux; les plaques vitellines proprement dites y font défaut, comme chez la spiroptère, FIG. **135** et **137**.

Notons cependant une particularité. Lorsque l'œuf a atteint une certaine dimension, qui n'est jamais considérable, on voit se former, dans le voisinage du noyau, une auréole claire, FIG. **134** à **137**. Cette auréole est traversée par des trabécules rayonnant du noyau vers le restant du protoplasme de l'œuf, et formant un réticulum grossier. Les trabécules sont d'abord en continuation directe avec celles du cytoplasme; cependant une membrane assez irrégulière, quoique d'une grande netteté, se dessine bientôt à la limite de l'auréole, qui est ainsi séparée de la portion périphérique de l'œuf, FIG. **134** à **137**. Dès ce moment, ce dernier ne subit plus de modification jusqu'à l'entrée du spermatozoïde.

(1) Ce nématode est vraisemblablement celui qui est désigné sous le nom de *Coronilla scillicola*, ou *robusta*, par P. J. VAN BENEDEN (*Les poissons des côtes de Belgique, leurs commensaux et leurs parasites*); Mém. de l'Ac., t. XXXVIII, 1870, p. 3 et 18, PL. III, FIG. 2 à 7.

Quant au noyau, un changement s'y manifeste vers l'époque de la pénétration, de l'élément spermatique : la tache de WAGNER disparaît comme telle. Sur certaines préparations, où l'on réussit à colorer le noyau par le vert de méthyle, on constate que l'élément nucléinien s'est distendu et a envahi tout le caryoplasma, FIG. **136**,n^1. Il y forme un mince filament difficile à distinguer et à suivre au milieu des trabécules du caryoplasma; la vésicule a donc, pour ainsi dire, fait retour à son état primitif, seulement le filament nucléinien y est plus irrégulier et, surtout, beaucoup moins sensible au vert de méthyle.

II. Premier globule polaire.

On peut admettre que le changement dont il vient d'être question correspond à la forme pelotonnée de la cinèse ordinaire. En effet, bientôt le filament se colore davantage et la nucléine semble s'y accumuler à certains endroits, FIG. **137**, sous la forme de masses filamenteuses irrégulières et en apparence indépendantes. Assez nombreuses au début, elles se réunissent et se fusionnent peu à peu, jusqu'à se réduire au nombre de huit, chiffre constant. Ces tronçons verts se détachent alors nettement sur le caryoplasma réticulé, FIG. **138**. Ils constituent les huit bâtonnets définitifs qui vont entrer en cinèse, et qui persisteront pendant bien longtemps sans se modifier sensiblement.

1° *Formation de la première figure cinétique.*

L'élaboration de la première figure cinétique est soumise à des variations remarquables; en effet, tantôt elle se forme à la façon ordinaire, tantôt elle reste intérieure ou imparfaite, pendant un temps plus ou moins long.

A parler d'une manière très générale, le premier phénomène qui se manifeste, à part la scission en huit bâtonnets, consiste dans la résolution de la seconde membrane, c'est-à-dire de la membrane auréolaire. Elle s'efface peu à peu, FIG. **137**, et les deux cytoplasmes rentrent en communication ouverte, comme à l'origine. Mais alors on constate deux particularités. Tantôt les granules extérieurs se précipitent vers le noyau; en même temps, le réticulum de l'auréole se transforme et ne forme plus qu'un tout homogène avec le réticulum périphérique. Cette transformation progressive est indiquée par les FIG. **137** et **138**; dans cette dernière figure, elle est complète, et le noyau est, comme d'habitude, plongé directement dans le cytoplasme ordinaire.

Mais ailleurs, l'aspect primitif de l'auréole se maintient au centre de l'œuf, malgré l'absence de membrane, sous la forme d'une plage hyaline et réticulée, qui contraste avec le cytoplasme granuleux qui l'entoure, FIG. **139** et **140**. Assez souvent, ces plages persistent longtemps, avec tous leurs caractères : témoins les FIG. **144** et **148**, et il n'est pas rare d'en trouver encore des traces sensibles, lors de l'expulsion du second globule, FIG. **156** et **159**.

Lorsque la cinèse est complète, tous les phénomènes s'exécutent et se succèdent, comme chez la *Spiroptera strumosa*. La membrane nucléaire disparaît. En même temps, les bâtonnets éparpillés de la FIG. **138** se portent vers le centre du noyau, où ils s'ordonnent en deux groupes latéraux, et le fuseau apparaît, FIG. **141**. Celui-ci est binaire, dès l'origine; il est habituellement mince et de forme concavo-convexe. Les asters sont peu développés. On trouve néanmoins des fuseaux plus élargis et des asters plus étendus, comme ceux de la FIG. **142**, par exemple. Les bâtonnets d'abord éparpillés, FIG. **141**, se rangent peu à peu en série parallèle à l'équateur du fuseau, FIG. **142** et **143**. Ils sont souvent allongés et comme amincis dans le sens du grand diamètre du fuseau. Ces sortes de figures se forment généralement au centre de l'œuf; puis s'élèvent vers le pôle supérieur, où elles se placent dans le sens perpendiculaire à l'axe polaire, FIG. **143**; mais il y a des exceptions à cette règle.

Nous avons dit que la cinèse peut être imparfaite. La figure se forme alors à l'intérieur du noyau, dont la membrane se maintient intégralement, FIG. **139**. Ces sortes de cinèse ne sont pas rares, surtout chez certains individus; nous en avons compté jusqu'à six dans le champ du microscope. Habituellement l'auréole persiste à l'entour de semblables noyaux, FIG. **139**. La membrane nucléaire peut ensuite disparaître au centre de l'œuf. Mais on rencontre assez souvent des noyaux avec des figures intérieures qui s'élèvent et se dirigent vers le pôle ovulaire; la FIG. **144** en fournit un bel exemple, Parfois aussi la membrane se résout en chemin, FIG. **140**; on voit, en effet, sur cette figure, que la membrane du noyau entre en résolution au pôle supérieur, tandis qu'elle est encore intacte sur tout le restant du pourtour du noyau. On ne peut conserver le moindre doute sur la persistance de la membrane nucléaire dans ces figures, car cette membrane est ponctuée, épaisse et à double contour, et rien dans l'œuf n'empêche de l'observer.

Ces figures intérieures sont encore intéressantes à d'autres points de vue. On remarquera d'abord qu'une portion seulement du réticulum caryoplasmatique est employée à la formation du fuseau; le restant se voit encore

nettement, de chaque côté, dans les FIG. **139** et **140**. Une autre particularité est aussi à noter : la membrane peut persister intégralement jusqu'à la disparition de la figure, après la cinèse, FIG. **144**; elle s'évanouit probablement au moment de la formation du premier globule.

Nous venons de parler de la disparition de la figure cinétique. En effet, elle s'efface complétement, FIG. **145** et **146**. Les bâtonnets nucléiniens sont alors éparpillés, sans ordre apparent, ou, le plus souvent, en deux groupes mal définis, sur l'emplacement de l'ancienne figure, et directement plongés dans le cytoplasme ovulaire. Inutile d'insister sur un phénomène que nous avons décrit plusieurs fois.

Quant au cytoplasme, il subit beaucoup moins de variations que dans la spiroptère. Il devient plus finement granuleux et plus homogène; la plage hyaline dont nous avons parlé plus haut conserve son aspect. On peut se faire une idée de ces changements en comparant les FIG. **135** à **138** d'une part, avec les FIG. **139**, **144** et **145** de l'autre. Les asters polaires *ap*, si communs chez la *Spiroptera*, sont plus rares dans le nématode du *Scyllium*; la FIG. **146** reproduit un des exemples que nous avons rencontrés. Le cytoplasme ne semble donc pas être le siège d'une aussi grande activité que chez d'autres nématodes.

2° *Expulsion du premier globule.*

L'expulsion du premier globule se fait de la façon habituelle; nous avons peu de chose à ajouter à ce que nous avons dit antérieurement sur ce sujet.

Ordinairement, les bâtonnets continuent à s'ordonner en deux groupes parallèles, FIG. **146** et **147**. Ensuite le groupe extérieur se porte vers la périphérie de l'œuf, et l'on voit apparaître nettement un second fuseau, le fuseau de séparation, FIG. **148**. Alors la portion polaire de l'œuf se bombe, comme si la membrane était repoussée par le futur globule, et elle s'étire en un col parfois assez long, FIG. **149**. Déjà, au stade de la FIG. **148**, on remarque des épaississements au milieu du filament du fuseau; ils indiquent la ligne de séparation du globule, marquée *m'* dans cette figure et les suivantes. Lorsque le fuseau se forme parallèlement à l'axe de l'œuf, ou à peu près, la protubérance ou le col, dont nous avons parlé, est coupée à sa base par la plaque qui s'avance plus ou moins latéralement dans le cytoplasme, FIG. **149** à **152**. Mais lorsque, ce qui a lieu assez souvent, le fuseau de séparation est tangent à la surface de l'œuf, c'est-à-dire perpendiculaire à son axe, le phénomène se complique. Il se forme d'abord,

au milieu du fuseau, une plaque de séparation parallèle à l'axe ovulaire : *m'*, FIG. **153**. Alors cette plaque se clive et l'œuf s'ouvre en deux à son sommet, FIG. **154**. Un observateur non prévenu croirait que l'œuf s'est déchiré. L'un des groupes, continuant sa marche en avant, pénètre dans une des deux protubérances, qui bientôt est coupée à sa base par une nouvelle plaque, *m''*, FIG. **154** et **155**. Le second groupe de bâtonnets reste dans l'autre protubérance, et revient ensuite souvent vers le centre de l'œuf, où il est entraîné, sans doute, par la marche ascendante du globule. Ce processus est assurément des plus curieux, et nous ne l'avons observé nulle part ailleurs que dans le nématode du *Scyllium*.

Le premier globule se sépare de l'œuf par le clivage de la plaque et se porte aussitôt vers la membrane extérieure. Nous avons rencontré aussi, chez notre nématode, des globules polaires de dimensions exagérées, comme dans la spiroptère. La FIG. **157** en reproduit un exemple. Ces sortes de globules ne sont pas très fréquents, cependant nous en avons remarqué un grand nombre sur un individu. La séparation de ces globules se fait à l'aide d'une plaque cellulaire. Sur la FIG. **157**, il serait difficile de décider si la ligne de séparation est due à une plaque ou à un mince étranglement. Mais, en parcourant les préparations, on peut se convaincre aisément que la plaque naît seule, et que l'étranglement n'est que la conséquence de son clivage. Rappelons que de pareils exemples prouvent à l'évidence que les globules sont des cellules véritables, et qu'ils ne s'échappent pas par un trou de l'œuf (1). A ce titre, ils méritaient une mention spéciale.

III. Second globule polaire.

Le premier globule renferme toujours quatre des bâtonnets primitifs; les quatre autres restent dans l'œuf, FIG. **149** à **155**. On se rappelle que nous avons constaté ce double fait chez l'*Ascaris megalocephala* et chez la *Spiroptera strumosa*. Les quatre bâtonnets maintenus au sein de l'œuf sont directement plongés dans le cytoplasme; on n'y voit ni membrane ni deuthyalosome, nos figures le prouvent. La seconde figure se forme immédiatement. Elle est petite et peu apparente, mais son existence est générale. Son fuseau est généralement concavoconvexe, à convexité tournée, tantôt vers le centre de l'œuf FIG. **156**, mais le plus souvent vers l'extérieur FIG. **157**. Elle est souvent blottie contre la

(1) Voir notre mémoire sur l'*Ascaris megalocephala*, p. 40.

membrane de l'œuf, et placée perpendiculairement à l'axe principal de ce dernier. Elle est binaire; chaque moitié de fuseau porte deux bâtonnets; cela se voit sur les figures précitées. La seconde figure est éphémère; elle repasse sans tarder au protoplasme ordinaire, dans lequel les quatre bâtonnets sont directement plongés, comme avant la cinèse; elle s'évanouit donc entièrement, comme la première. Les bâtonnets se placent alors parallèlement deux à deux, s'ils ne le sont déjà, puis ils s'éloignent l'un de l'autre, en restant unis par le fuseau de séparation, FIG. **158**. On voit sur cette figure que l'œuf se bombe vis-à-vis du groupe extérieur, ainsi que cela a lieu pendant la première expulsion. Enfin une cloison basilaire vient séparer le seconde globule de l'œuf, auquel cependant il continue d'adhérer. Cette cloison est surtout bien marquée sur la FIG. **162** *m''*, elle est identique à la plaque de division du premier globule; nous n'avons jamais vu d'étranglement à la base du mamelon polaire.

Division longitudinale.

Telle est la marche assez fréquente des phénomènes qui accompagnent la séparation du second globule. Mais parfois ces phénomènes se compliquent : les bâtonnets peuvent subir, soit tous, soit deux seulement, la division longitudinale. Ce phénomène est assez fréquent, surtout dans certaines préparations, mais il n'est pas constant. Nous avons rencontré deux individus dont un assez grand nombre d'œufs présentaient la division dont nous allons parler, tandis que d'autres ne l'offraient point.

Les choses se passent de la manière suivante.

Durant les stades antérieurs on remarque déjà, çà et là, des indices de division; cependant ces indices semblent se dessiner plus tard que chez la spiroptère; c'est seulement au stade de la FIG. **147**, c'est-à-dire après la disparition de la première figure, que nous les avons constatés avec certitude. Quoi qu'il en soit, les bâtonnets restent ainsi stationnaires jusqu'au stade correspondant de la seconde figure; en effet nous n'avons jamais compté plus de quatre bâtonnets avant la dislocation de cette dernière. Mais alors, et avant la formation du fuseau de séparation, la division s'exécute, FIG. **159** et **160**. Dans la première de ces figures, les quatre bâtonnets, d'abord géminés, se sont scindés suivant leur ligne médiane, en deux demi-bâtonnets distincts. Dans la seconde, deux seulement, les deux inférieurs qui doivent rester dans l'œuf, ont subi la segmentation. Nous avons rencontré

plusieurs images semblables; ce qui semblerait indiquer que les bâtonnets destinés au second globule ont moins de tendance à se diviser que ceux qui doivent être utilisés. De prime abord, nous avions pensé que la présence des six bâtonnets était due à ce que, par exception, le premier globule n'en avait emporté que deux. Nous avons été forcé de renoncer à cette explication en présence des faits : sur certains de ces œufs on constate aisément que le globule expulsé renferme quatre bâtonnets; ensuite on rencontre les bâtonnets intérieurs en voie de division, FIG. **160**.

La formation et la séparation du second globule, après la division longitudinale, totale ou partielle, se fait comme dans le cas précédent, à part le nombre des bâtonnets qui interviennent. Dans la FIG. **160**, les deux bâtonnets primitifs, encore intacts, vont être expulsés; dans les FIG. **159**, **161** et **162**, les quatre bâtonnets extérieurs, provenant de deux des bâtonnets primitifs, vont l'être également. Le fuseau de séparation est assez apparent sur les FIG. **161** et **162**. Enfin, en m'' de la FIG. **162**, la plaque de segmentation est aussi bien marquée. Ainsi, lorsqu'il y a huit bâtonnets, la formation du second globule est calquée exactement sur celle du premier; pour s'en assurer le lecteur voudra bien comparer les FIG. **159**, **161** et **162** avec les FIG. **147**, **148** et **152**.

Il résulte de l'exposé précédent que, dans tous les cas, deux des huit bâtonnets primitifs prennent part à la formation du second globule polaire, soit comme tels, soit après s'être segmentés. La même chose a lieu pour le noyau définitif de l'œuf, FIG. **158** et **163**, FIG. **160** à **162**. La division longitudinale n'a donc pas pour conséquence de faire passer la moitié de chaque bâtonnet primitif dans le globule polaire, et l'autre moitié dans l'œuf; les deux moitiés de deux bâtonnets s'en vont ensemble, et les deux moitiés des deux autres sont retenues. Ce fait est à noter.

IV. Elaboration des noyaux de conjugaison.

1° *Noyau ovulaire.*

Les bâtonnets restés dans l'œuf s'entourent aussitôt d'une auréole hyaline et réticulée, et d'une membrane, FIG. **163**, **164** et **167**, n^3; le noyau est alors reformé. L'étendue de l'auréole et, par conséquent, le volume initial du noyau nouveau, sont assez variables; on peut en juger par les figures précitées. Le noyau est sphérique ou ovoïde; plus rarement il est panduriforme, comme dans la FIG. **167**.

Lorsque les deux bâtonnets qu'il renferme n'ont pas subi la segmentation longitudinale, ce phénomène s'y manifeste tout d'abord, FIG. **167**. Tous les noyaux présentent donc bientôt quatre bâtonnets. Que s'y passe-t-il ensuite? On peut admettre que les bâtonnets subissent une nouvelle division longitudinale, car nous avons remarqué trois ou quatre fois la FIG. **170**, n^3, dans laquelle cette division est en voie de s'effectuer. Cependant nous devons faire remarquer que l'on rencontre fréquemment les images des FIG. **165**, **166** et **169**, dans lesquelles les quatre bâtonnets primitifs semblent plutôt s'allonger pour reformer l'élément nucléinien. Quoi qu'il en soit, les bâtonnets se coudent et s'insinuent dans les mailles du réticulum plastinien qui, de son côté, se fortifie et s'accentue notablement, FIG. **168** et **169**. Peu à peu les anses se multiplient en se croisant dans tous les sens, et elles envahissent toute la cavité nucléaire pour y former le réticulum chromatique ou le boyau nucléinien des FIG. **171** et **172**. Ainsi, dans ce nématode, aussi bien dans le précédent, l'élément nucléinien conserve sa forme figurée à tous les stades du développement du noyau ovulaire, et il se reconstitue comme dans tout noyau après la cinèse vulgaire.

2° *Noyau spermatique.*

Le noyau spermatique parcourt tous les stades du noyau ovulaire. Après la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf, ce noyau est petit, mais on parvient cependant à s'assurer qu'il renferme quatre bâtonnetsnuc léiniens, FIG. **136** à **141**, **143**, **144**. Peu à peu il se développe au sein du cytoplasme ovulaire, FIG. **156** et **159**, et ses éléments deviennent plus distincts. Néanmoins ses bâtonnets sont beaucoup plus ténus que ceux du noyau spermatique de la spiroptère. C'est peut-être pour ce motif que nous n'avons pu constater la division longitudinale. Dans la FIG. **167**, on y voit quatre bâtonnets allongés qui pourraient bien être le résultat d'une semblable division, encore incomplète. Les bâtonnets s'allongent ensuite et s'insinuent dans les mailles du caryoplasma, comme cela se voit dans le noyau ovulaire; témoins les FIG. **170**, **171** et **172**. Nous ne pourrions que nous répéter en nous étendant davantage sur ce sujet.

Lorsque les deux noyaux de conjugaison sont achevés, ils sont, en apparence, tout à fait identiques, FIG. **172**. Habituellement, dans cette espèce, le noyau spermatique occupe le pôle inférieur de l'œuf, FIG. **170** et **172**; il est assez rare de le trouver, à ce stade, au pôle opposé, près du noyau femelle, comme cela se voit dans la FIG. **171**. A mesure qu'il se développe, le noyau ovulaire descend dans l'œuf et vient se placer en bas, près du noyau spermatique. Nous verrons plus loin la raison de cette disposition.

III.

Filaroïdes mustelarum : Pl. VI, fig. 173 à 180.

On trouve fréquemment ce nématode dans les sinus frontaux de la belette et du putois.

Les phénomènes que nous y avons remarqués sont tellement semblables à ceux que nous avons décrits jusqu'ici, que nous nous contenterons de leur consacrer quelques lignes.

I. Vésicule germinative. — Œuf.

Le noyau des œufs très jeunes est constitué à la façon ordinaire; on y voit un élément nucléinien dont on peut suivre les anses filamenteuses sur une grande étendue, et qui est très sensible au vert de méthyle, FIG. **173***A*. Bientôt il se scinde en huit tronçons. Ceux-ci sont d'abord éparpillés sans ordre dans le caryoplasma réticulé, FIG. **173***B*, mais ils se rassemblent ensuite en deux groupes quaternaires FIG. **173** *C* et *D*. Ces groupes demeurent plus ou moins éloignés l'un de l'autre; ils se rapprochent assez souvent au point de ne plus former qu'une seule masse; ils ont fréquemment l'aspect de ceux de la FIG. **174**,*ni*. On voit en outre assez souvent dans le caryoplasma un ou deux nucléoles plasmatiques *np*. A mesure que l'œuf grandit, le noyau augmente également de volume, et son réticulum plastinien devient plus évident.

Contrairement à ce qui a lieu chez les deux nématodes précédents, les œufs du *Filaroïdes* se chargent d'enclaves albuminoïdes très volumineuses. Elles sont à leur début dans la FIG. **174**; dans les FIG. **176**, **177** et **180**, elles ont atteint leurs dimensions définitives.

La membrane des œufs demeure toujours mince, FIG. **175** et suivantes.

II. Figures et globules polaires.

La présence des enclaves rend difficile l'étude de la vésicule dans les œufs adultes; le plus souvent on ne peut même soupçonner sa présence. C'est pourquoi nous ne sommes parvenu à voir qu'un nombre restreint de figures. Celles que nous avons vues, FIG. **176**, étaient nettement dimidiées et chacun des demi-fuseaux portait quatre bâtonnets parallèles. Nous avons aussi rencontré plusieurs fois la vésicule, renfermant des filaments fusoriaux et paraissant être au début de la cinèse, dans l'état où elle est représentée sur la FIG. **173**,*B*. Les bâtonnets de la tache de WAGNER y étaient éparpillés dans tout

le noyau, comme dans les espèces précédentes. Ils se portent sans doute ensuite à l'équateur du fuseau. Sous ce rapport il y aurait donc une différence assez notable avec l'ascaride du cheval.

La FIG. **176** semble être rompue et en voie de résorption : elle a une très grande ressemblance avec certaines images de l'*Ascaris megalocephala* (1). Dans cette figure, chaque moitié du fuseau, largement ouvert, porte, en son milieu, un groupe de quatre bâtonnets qui se présentent par une de leurs extrémités (2); on voit qu'ils sont groupés parallèlement deux à deux. Sur d'autres figures ils étaient jetés pêle-mêle, ou orientés dans le sens du fuseau (3).

Arrivée au pôle de l'œuf, la figure se défait, et les deux groupes qu'elle porte se retrouvent, à une distance variable, dans le cytoplasme ordinaire, FIG. **177**,n^1.

La formation du premier globule ne présente rien de particulier. Le fuseau de séparation existe. L'un des deux groupes est retranché de l'œuf, FIG. **175**,g^1.

Le groupe restant entre aussitôt en cinèse. Sur les quatre ou cinq figures, plus ou moins distinctes, que nous avons vues, les bâtonnets étaient placés deux à deux à l'équateur de chaque branche du fuseau dimidié, FIG **178**. La figure s'efface, et l'un des groupes est expulsé FIG. **180**,g^4, ou reste près de la surface de l'œuf, FIG. **179**,g^2.

Les changements qui surviennent dans le cytoplasme ovulaire sont faciles à saisir. Lorsque la première figure s'élève vers le pôle, celui-ci s'éclaircit. Les corps vitellins se retirent en effet et se portent du côté opposé. Le plus souvent ils se massent vers le pôle inférieur, FIG. **176** et **180**. Parfois ils s'accumulent d'abord sur une zone médiane, comme dans la FIG. **177**, mais alors ils finissent également par gagner le pôle. L'œuf conserve l'aspect qu'il possède dans les FIG. **176** et **180** jusqu'après la segmentation.

III. Formation des noyaux de conjugaison.

Nous n'avons jamais vu plus de deux bâtonnets dans le second globule polaire, ni dans le groupe qui reste au sein de l'œuf. Mais ceux-ci, comme dans les espèces précédentes, subissent incontinent la division longitudinale; le jeune noyau ovulaire présente donc régulièrement quatre bâtonnets distincts, FIG. **179**,n^3.

(1) Voir FIG. 79, 71, 82, etc. du mémoire précédent.

(2) Voir les figures semblables de l'*Ascaris megalocephala*, PL. I, FIG. 26; PL. II, FIG. 31, 33, etc.

(3) Comme dans les FIG. 33, 34, 46, etc. ibid.

Nous n'avons pas remarqué de nouvelle division longitudinale subséquente. Les bâtonnets s'allongent et se coudent exactement comme dans les FIG. **168** et **169** qui appartiennent au nématode du *Scyllium;* c'eût été faire double emploi que de les représenter à cette première étape. Mais, plus tard, le noyau prend un aspect particulier; il est caractérisé par la finesse, le grand nombre et le tortillement des anses du boyau nucléinien, FIG. **180**.

Le développement du noyau spermatique est de tous points identique. Au commencement, il est difficile de le voir, à cause des granules vitellins; nous n'avons pu déterminer exactement le nombre de bâtonnets qu'il renferme primitivement; très probablement il y en a quatre. Ces bâtonnets s'allongent et se répandent en zigzag dans tout le noyau, à mesure qu'il s'accroît, et il devient bientôt impossible de le distinguer du noyau ovulaire, FIG. **180**.

Ces noyaux ont déjà une ressemblance marquée avec ceux que nous décrirons plus loin lors de la segmentation, PL. VIII, FIG. **244** et **245**. Les noyaux achevés ont une forme elliptique. Ils se trouvent côte à côte dans la portion entièrement hyaline de l'œuf, FIG. **180**. Le plus souvent ils s'orientent comme nous les figurons, c'est-à-dire qu'ils sont placés bout à bout, leur grand axe étant perpendiculaire à l'axe ovulaire; il y a cependant des exceptions.

IV.

Ophiostomum mucronatum : Pl. VII, fig. 181 à 199.

Ce nématode vit dans l'estomac de l'oreillard (*Vespertilio auritus*).

Nous n'avons pas suivi dans cette espèce, faute de matériaux, le développement de la vésicule germinative. A la maturité de l'œuf, elle présente l'aspect d'un noyau ordinaire, FIG. **181**. On y voit un filament nucléinien irrégulier et bosselé, à renflements nombreux.

I. Premier globule polaire.

Les cinèses polaires de l'*Ophiostomum* nous ont offert des phénomènes singuliers, bien différents de ceux que nous avons étudiés jusqu'à présent.

Nous allons d'abord exposer les faits tels que nous les avons observés; nous parlerons ensuite de leur interprétation.

Dans les espèces précédentes, l'élément nucléinien se scinde en tronçons; ce sont ces derniers qui entrent en cinèse. Nous n'avons pas constaté cette scission chez notre nématode. A un moment donné, les anses du filament de la FIG. **181** semblent s'accentuer en s'épaississant, et s'orienter grossièrement dans le sens de la ligne des pôles organiques du noyau, FIG. **182**, n^1. En même temps, la vésicule s'allonge; bientôt on y aperçoit des traces d'un fuseau. La membrane nucléaire persiste. Les anses de la forme pelotonnée, devenues volumineuses, se séparent alors des pôles et se présentent sous la forme de tronçons parallèles. Ils sont régulièrement au nombre de six. Le fuseau est peu développé; ses filaments sont ténus et ondulés.

Nous retrouvons donc, dans ce nématode, tous les phénomènes de la scission parallèle, mentionnée chez les arthropodes, au cours de notre premier travail.

Les tronçons se raccourcissent et se retirent de plus en plus vers l'équateur; ils demeurent cependant toujours assez longs. Là, ils s'étranglent en leur milieu, FIG. **184**. Ce phénomène, que nous n'avons pas rencontré jusqu'ici, est des plus aisés à constater; il saute aux yeux. Habituellement la scission transversale s'achève, comme cela se voit sur la FIG. **186**; plus rarement il se complète seulement avant l'expulsion du premier globule.

Pendant que l'étranglement se marque, les bâtonnets bilobés, ou les demi-bâtonnets, s'éclaircissent suivant la ligne médiane, à cause de retrait de la nucléine vers la paroi de son étui. Ce détail est nettement indiqué sur la FIG. **186**; il annonce la division longitudinale qui doit se faire sans tarder.

Peu à peu le fuseau s'efface et la vésicule, dont la paroi s'est maintenue jusqu'à présent, revient sur elle-même en reprenant sa forme sphérique. La FIG. **185** la représente dans cet état, mais les bâtonnets, encore géminés, sont vus d'en haut. On voit nettement qu'ils sont au nombre de six, et rangés en cercle, comme dans un grand nombre de couronnes équatoriales dont le centre est vide de bâtonnets. Lorsqu'ils se sont divisés transversalement à l'équateur, leur position n'est plus aussi régulière; ils sont comme jetés pêle-mêle dans le caryoplasma. A cette époque, la division transversale s'achève toujours; du moins, en ce qui concerne le première figure; nous n'avons plus rencontré de bâtonnets étranglés aux stades que nous allons décrire.

Les douze bâtonnets se rangent en deux groupes de six chacun; l'un est tourné vers l'extérieur, l'autre vers l'intérieur de l'œuf. A ce moment déjà, il n'est pas rare de voir la division longitudinale s'achever. Ainsi, dans la

FIG. **187**, les six bâtonnets destinés au globule polaire sont nettement segmentés, tandis que les six autres ne le sont pas encore. Le contraire a lieu plus souvent; c'était le cas pour la FIG. **188**. Mais il arrive aussi fréquemment que les bâtonnets restent dans l'état où ils se trouvaient à l'équateur, FIG. **186**, jusqu'après l'expulsion du premier globule. Il n'y a donc rien de fixe sous ce rapport.

Les FIG. **187** et **188** sont destinées à montrer la manière dont s'exécute la division polaire. Nous avons dit que la membrane de la vésicule se maintenait durant toute la cinèse; elle est très visible sur la FIG. **185**; elle l'est encore sur la FIG. **187**. Aussi, à aucune étape, les granules du protoplasme ne pénètrent-ils à l'intérieur du noyau; le caryoplasma demeure homogène, hyalin et indépendant du cytoplasme, ainsi qu'on peut le voir sur les figures précitées. Les choses se passent tout autrement, lorsque la membrane nucléaire se résout. Le cytoplasme fait alors irruption dans le noyau et se mélange intimement avec son caryoplasma; nous avons pu dire que l'élément nucléinien était plongé directement dans le protoplasme ovulaire.

Après la formation des deux groupes, FIG. **187**, le noyau s'allonge, et les bâtonnets extérieurs repoussent devant eux le protoplasme polaire avec la membrane de l'œuf, FIG. **188**. La membrane du noyau est ainsi fortement étirée, et le caryoplasma donne naissance au fuseau de séparation. Il est possible que la membrane nucléaire se déchire à l'équateur; cependant nous avons rencontré bien des fois la FIG. **188**, dans laquelle elle continue à envelopper le fuseau. On voit généralement un épaississement au milieu des fils fusoriaux; c'est le premier indice de la formation de la plaque séparatrice, *m'*, FIG. **188**. Cette plaque s'avance jusqu'à la membrane plasmatique de l'œuf, pour achever la division. Souvent l'œuf présente un léger bourrelet circulaire à l'entour de la protubérance polaire, et il reste peu de protoplasme entre la portion de la membrane qui enveloppe la protubérance et le fuseau lui-même; la FIG. **188** montre ces détails. Parfois cependant la quantité de protoplasme renfermée dans la cellule polaire est plus considérable; on rencontre en effet des images analogues à celle de la FIG. **198**, qui appartient au second globule. Après sa formation, la plaque se dédouble et le globule polaire est mis en liberté.

II. Second globule polaire.

Les phénomènes de la seconde cinèse sont la reproduction exacte de ceux de la première.

Nous savons qu'il reste six bâtonnets dans la demi-vésicule interne, FIG. **188**. Aussitôt ces bâtonnets subissent la division longitudinale, s'ils ne l'avaient déjà subie auparavant. Cette division, indiquée dans la figure précitée, est achevée dans la FIG. **189**, n^2; on y compte douze bâtonnets d'une grande minceur, groupés deux à deux. Ces bâtonnets se courbent et s'allongent; ils forment ainsi des nouvelles anses et s'unissent, selon toute apparence, pour reformer le filament nucléinien de la FIG. **190**. Le nouveau noyau est semblable à la vésicule primitive.

Il est encore alors près de la surface de l'œuf. Parfois il y reste. Mais le plus souvent il retourne à l'intérieur du cytoplasme, FIG. **191**, et là, il entre en cinèse. Les anses du filament nucléinien s'épaississent en se parallélisant, FIG. **191**, et se libèrent aux deux pôles, FIG. **192** et **193**. Le fuseau se dessine et le noyau, toujours muni de sa membrane, s'effile en étirant parfois les tronçons nucléiniens, FIG. **192**. Ceux-ci se ramassent d'ailleurs sur eux-mêmes, et se coupent de nouveau à l'équateur par segmentation transversale, FIG. **194** et **195**. Comme à la première cinèse, cette division se parfait à des époques différentes, sur les divers œufs; il arrive même qu'elle ne s'achève qu'après l'expulsion du second globule, FIG. **197**; mais c'est là une exception. Habituellement elle se fait à l'équateur, ou pendant le retour de la figure à l'état de repos, FIG. **196**. La seconde figure a toujours six bâtonnets nucléiniens parallèles, comme la première. Vue d'en haut, elle présente exactement l'aspect de la FIG. **185**. Après la division transversale, il y a donc aussi douze bâtonnets dans l'œuf, à la seconde cinèse.

Le retour à l'état quiescent a lieu de la manière que nous connaissons. La figure revient sur elle même et reprend la forme sphérique; la membrane nucléaire y est encore visible sur la FIG. **196**.

Alors les bâtonnets, ordonnés en deux groupes de six, ou de trois si la division transversale n'a pas encore eu lieu, FIG. **197**, s'éloignent l'un de l'autre; le noyau s'étire et le fuseau de séparation s'y marque nettement, FIG. **198** et **198'**. En même temps l'œuf se bombe vis-à-vis du futur globule; la plaque apparaît au milieu du fuseau. Elle coupe le noyau en deux portions, g^2 et n^3, et le protoplasme lui-même qu'elle traverse pour aller rejoindre la membrane, FIG. **198**. Nous avons rarement rencontré des plaques du second globule aussi nettes et aussi évidentes que chez ce nématode. On remarquera la membrane qui entoure la partie du fuseau, n^2 dans la FIG. **188**, et n^3 dans les FIG. **198** et **198'**, destinée à rester dans l'œuf, après les deux cinèses. Elle est une portion de la membrane du noyau préexistant, laquelle persiste

durant la division. Chez ce nématode, les figures sont donc intérieures et la segmentation se fait par sténose, seulement l'étranglement médian est suppléé par une plaque. Nous reviendrons sur ce sujet.

Ainsi, les cinèses polaires de l'*Ophiostorum mucronatum* présentent des caractères particuliers.

1° Les figures sont intérieures, nous venons de le dire; conséquemment la formation des globules est accompagnée de sténose. Il est assez difficile de s'assurer de la persistance de la membrane nucléaire sur les images cinétiques, plongées au sein de l'œuf chargé de globules vitellins. Mais lorsqu'elles ont gagné le pôle, la membrane et son contenu tranchent plus nettement sur le cytoplasme granuleux, FIG. **183** à **186**. Il en est de même pendant la formation des globules, au moment où le noyau s'étire; on peut voir alors qu'il demeure entouré de sa membrane, surtout à la partie basale de la moitié qui reste dans l'œuf, FIG. **188** et **198**. Sur la coupe optique équatoriale de la FIG. **185**, la membrane est aussi d'une grande netteté, au stade du retour de la figure à l'état quiescent.

2° Les cinèses sont accompagnées, chacune, de deux sortes de division. Ce fait est nouveau, croyons nous, dans l'histoire des globules polaires.

La scission transversale se fait au sein de la couronne équatoriale. Elle est facile à constater avec de bons objectifs, tant à cause du volume des bâtonnets, que des nombreuses transitions que présentent les diverses figures entre le début et l'achèvement du sillon transversal. Souvent on voit les moitiés encore reliées par un mince pédicule étiré, FIG. **184**. L'observateur, même prévenu contre ce genre de division, doit se rendre devant l'évidence des faits. Cette division se répète à la seconde cinèse. La division longitudinale n'est pas moins certaine. Le sillon hyalin, déjà visible sur les bâtonnets qui subissent la segmentation transversale, s'accentue de plus en plus; on peut le suivre jusqu'au moment où il se parfait, après la cinèse. Cette division s'exécute également deux fois. Elle n'a jamais lieu sur la figure proprement dite; elle s'achève seulement lorsque la figure a disparu comme telle.

Que faut-il penser de la première de ces divisions, c'est-à-dire de la division équatoriale? Est-elle en réalité une division transversale, comme toutes les apparences semblent l'indiquer, ou bien n'est-elle que l'achèvement d'une division longitudinale antérieure? Telle est la question qu'il nous reste à résoudre.

Au commencement de nos observations sur la seconde cinèse, la seconde hypothèse ne nous paraissait pas impossible. En voyant la division longitu-

dinale se marquer à l'équateur de la première cinèse, FIG. **186**, et s'accentuer pendant la formation du premier globule, FIG. **187**, nous pensions que, aussitôt après l'expulsion de ce dernier, les moitiés des six bâtonnets restés dans l'œuf se séparaient à une extrémité, en demeurant rattachés par l'autre, comme cela se voit dans certaines divisions équatoriales. Le fuseau se formant en même temps, les deux moitiés, encore retenues l'une à l'autre, auraient été étendues sur les filaments, sous la forme d'un tronçon unique. Telle aurait été l'origine, assez compliquée d'ailleurs, des FIG. **191** et **192**, et la division transversale n'eût été qu'apparente ; elle se serait réduite à la séparation définitive des deux moitiés issues d'une division longitudinale antérieure.

Mais plus tard nous avons constaté que la division longitudinale s'achevait aussitôt après l'expulsion du premier globule, et, en outre, que les 12 bâtonnets qui en résultaient donnaient naissance à une masse de filaments enchevêtrés, entièrement semblable à un noyau ordinaire, FIG. **188** à **190**. Dans ces conditions, l'explication précédente n'est plus admissible. Pour la maintenir, il faudrait supposer que le noyau n^2 de la FIG. **190**, avant de donner les FIG. **191** et **192**, se scinde en six tronçons qui subissent immédiatement la division longitudinale ; les moitiés de ces bâtonnets se comporteraient ensuite comme nous l'avons décrit plus haut.

En soi, cette scission est possible; mais nous ne sommes jamais parvenu à la constater, pas plus à la seconde cinèse qu'à la première. Au contraire, nous avons toujours remarqué que les noyaux n^1 et n^2 des FIG. **182** et **190** se comportent autrement. Leurs anses se parallélisent pour produire les six tronçons qui se voient sur les FIG. **183**, **191** et **192**. Ceux-ci sont d'ailleurs homogènes sur toute leur étendue et ils s'épaississent uniformément en se ramassant à l'équateur; jamais ils ne montrent le moindre indice d'interruption avant l'apparition de l'étranglement définitif des FIG. **184** et **194**. Nous sommes donc obligé, pour rester fidèle à l'observation, d'accepter la première hypothèse et d'admettre, à chaque cinèse, l'existence d'une division transversale au sein de la couronne équatoriale.

Cette division est analogue à celle qui met fin à la forme pelotonnée. Nous verrons plus tard, PL. VIII, FIG. **266** et suivantes, que cette dernière donne naissance à douze bâtonnets dans les premières segmentations. On pourrait se demander si la division transversale, dont nous venons de parler, n'aurait pas pour but d'achever la division de l'élément nucléinien, et de porteré galement à douze le nombre des bâtonnets, avant la division longitudinale. Mais c'est

là un rapprochement auquel il est permis de ne pas attacher une trop grande importance.

La chose essentielle à noter, c'est l'existence d'une double division des bâtonnets durant chacune des deux cinèses; il semble importer assez peu qu'elles soient toutes deux longitudinales ou qu'il y en ait une de transversale.

Ces résultats sont importants, car dans toutes les espèces précédentes :

a) La division équatoriale fait défaut;

b) On n'y rencontre d'ailleurs qu'une seule division des bâtonnets, division qui est même souvent retardée jusqu'à la formation du noyau définitif de l'œuf, tandis qu'il s'en fait quatre chez le nématode de l'oreillard, deux à chaque cinèse.

3° Il résulte de cette double division que le nombre de bâtonnets expulsés est le même dans les deux globules, et que le nombre de bâtonnets conservés définitivement dans l'œuf est identique à celui des tronçons qui prennent part aux deux figures; ces nombres sont tous représentés par le chiffre six.

III. Reconstitution des noyaux de conjugaison.

Les phénomènes qui accompagnent le développement de ces deux noyaux ne présentent rien de particulier. Le noyau femelle, n^3, renferme d'abord six bâtonnets, rarement trois bâtonnets bilobés. Lorsque ce dernier cas se présente, FIG. **197**, ils se dédoublent de suite. Or les six bâtonnets privilégiés se divisent longitudinalement, comme après la première cinèse, on peut constater cette division sur la FIG. **199**,n^3. Les nouveaux filaments sont minces, granuleux et moniliformes. Ils s'allongent immédiatement et forment un peloton filamenteux, à circonvolutions nombreuses, comme chez tous les nématodes. Inutile de nous répéter davantage.

Il est difficile de déterminer le nombre de tronçons nucléiniens qui existent dans le noyau mâle, au sein de l'œuf, car ils sont d'abord très ténus et placés les uns sur les autres, FIG. **182**, **183**,*ns*. Plus tard, on en compte au moins quatre; ils sont courts et trapus, FIG. **191**,*ns*. Ils sont plus nombreux sur la FIG. **198**', et l'un deux semble s'être divisé. Ces détails, ainsi que la disposition géminée des bâtonnets de la FIG. **199**, indiquent qu'ils subissent la division longitudinale, durant l'évolution du noyau dans le cytoplasme ovulaire. Nous avons déjà constaté le même phénomène, chez la *Spiroptera* de la taupe. Les bâtonnets s'ordonnent ensuite en un filament pelotonné, comme dans ce dernier animal; la FIG. **198**,*ns*, montre ce peloton.

V.

Ascaris lombricoïdes : Pl. VII, fig. 200 à 231.

Les cinèses polaires de cet ascaride sont aussi des plus remarquables. Elles diffèrent entièrement de celles que nous avons décrites chez l'*Ascaris megalocephala* : chose singulière! si l'on songe que ces deux espèces sont si voisines. Entrons dans quelques détails à leur sujet.

I. Vésicule germinative. — Œuf.

La FIG. **200** reproduit le noyau d'un œuf très jeune; il est identique à ceux que nous avons décrits antérieurement. Le filament nucléinien y est répandu dans tout le noyau. Les nucléoles plasmatiques font généralement défaut; nous en avons cependant vus sur plusieurs œufs. A mesure que l'œuf prend la forme conique de la FIG. **201**, l'élément nucléinien *ni* se ramasse au centre du noyau. Nous n'avons pu déterminer s'il se scinde au préalable; il est probable qu'il ne fait que s'y pelotonner. Le caryoplasma est abondant et délicatement réticulé. Lorsque l'œuf s'élargit et se raccourcit, la vésicule prend un autre aspect; le filament de nucléine s'y répand de nouveau, FIG. **202**. Au premier coup d'œil, il se présente sous la forme de tronçons, ou de larmes séparées, mais on aperçoit bientôt que ces masses sont reliées par des filaments incolores que l'on doit considérer, selon nous, comme des portions du boyau, vides de nucléine. Cet état de la vésicule ne changera plus jusqu'à la cinèse. Sa membrane est relativement d'une grande minceur. De bonne heure l'œuf se charge de globules vitellins abondants et volumineux, FIG. **201** et suivantes. Lorsque les permatozoïde y pénètre, il présente l'aspect de la FIG. **203**.

II. Premier globule polaire.

Habituellement le spermatozoïde s'avance jusque près du noyau, avant que l'œuf n'entre en mouvement. Mais alors le protoplasme s'éclaircit autour de la vésicule et, bientôt, celle-ci donne des signes de cinèse, FIG. **203**. Elle s'allonge un peu, et son contenu s'étire dans le sens de cet allongement, FIG. **204**. On y voit des stries longitudinales, et les anses nucléiniennes s'orientent dans le même sens. La membrane de la vésicule se maintient dans toute son intégrité, pendant ces changements internes; on peut le constater sur la même figure. En même temps, la vésicule se

place obliquement, par rapport à l'axe longitudinal de l'œuf. Dans la FIG. **205**, qui marque l'étape subséquente, la vésicule est perpendiculaire à l'axe ovulaire. Sa membrane persiste toujours. Alors elle s'avance vers la paroi de l'œuf, où elle vient buter par l'un de ses pôles, FIG. **206**. Durant cette marche, l'intérieur de la vésicule change d'aspect. Les anses nucléiniennes se parallélisent de plus en plus et se retirent vers l'équateur, pour y former une bande régulière de bâtonnets, une véritable couronne équatoriale, FIG. **205**. Ces bâtonnets sont droits ou un peu courbés. On en compte au moins une douzaine. Le fuseau est hyalin; ses filaments sont peu accentués, souvent ondulés. La figure se trouve ordinairement dans cet état lorsqu'elle vient s'appliquer contre la membrane ovulaire. A côté de ces figures à couronne bien dessinée, on en trouve d'autres, FIG. **206**, dans lesquelles les bâtonnets, souvent plus allongés, sont irrégulièrement disposés. Ces sortes de figures peuvent représenter l'état antérieur à la couronne mais elles peuvent aussi indiquer le passage à l'étape subséquente. En effet, après s'être maintenue pendant un certain temps, la figure revient sur elle-même : sa longueur diminue, son diamètre transversal augmente, l'orientation des bâtonnets disparaît et la vésicule revient à l'état de repos, c'est-à-dire à l'état apparent de noyau ordinaire, FIG. **207**.

Que se passe-t-il dans l'élément nucléinien pendant ce retour? Les bâtonnets restent-ils tels qu'ils sont; se divisent-ils, ou bien ne repassent-ils pas plutôt à l'état filamenteux? Cette question est difficile à trancher. Nous n'avons jamais saisi le moindre indice d'une division, soit transversale, soit longitudinale. Mais nous avons assez souvent remarqué la FIG. **206**, dans laquelle les bâtonnets équatoriaux pourraient bien s'être allongés pour repasser à l'état de la FIG. **207**. Dans tous les cas, on aperçoit des anses assez ténues dans le noyau définitif représenté par cette dernière. Cette figure est typique; elle ne manque pas de se produire avant la formation du premier globule polaire. En employant le carbonate potassique, l'ammoniaque ou un acide concentré, on constate souvent que la membrane de la vésicule s'est maintenue, et entoure le noyau devenu sphérique.

Alors la formation du premier globule commence à se dessiner. Le noyau s'allonge dans le sens du diamètre équatorial de l'œuf; les anses nucléiniennes, ou les tronçons, y deviennent plus ou moins parallèles, comme s'ils étaient soumis à un étirement, puis se séparent en deux groupes qui se retirent vers les pôles, FIG. **209**, sous la forme de couronnes polaires. Nous reviendrons sur cette séparation et sur les figures qu'elle occasionne, en par-

lant du second globule. Les groupes demeurent reliés par un puissant faisceau de filaments, provenant du caryoplasma étiré; c'est le fuseau de séparation. On peut constater encore, surtout à l'aide des dissolvants de la nucléine, que la membrane du noyau entoure le fuseau avec ses deux couronnes. Le groupe extérieur, c'est-à-dire celui qui est tourné vers la membrane de l'œuf, va devenir le globule polaire. En effet, une plaque granuleuse se dessine sans tarder au milieu du fuseau de séparation, FIG. **208**,*m''* et **209**,*m'*. La séparation du globule s'achève par le dédoublement de cette plaque, FIG. **210**.

Ainsi, selon toute apparence, c'est par une véritable sténose du noyau revenu au repos que le premier globule se forme.

Notons, en outre, qu'il se forme toujours invariablement dans la région équatoriale de l'œuf.

III. Second globule polaire.

S'il en est ainsi, les deux moitiés du noyau, maintenant séparées, doivent être entourées de leur membrane; on peut constater sa présence sur les FIG. **210** et **211**. Cette membrane est moins visible dans le globule polaire, parce que les éléments nucléiniens, en s'éloignant, se blottissent contre elle. Elle est beaucoup plus apparente sur la partie qui reste dans l'œuf, et d'où doit sortir la nouvelle figure.

Il est aisé de suivre les curieux phénoménes qui accompagnent la formation du second globule. Après la séparation du premier, les tronçons nucléiniens se répandent à l'intérieur de la portion conservée, qui prend de nouveau plus ou moins l'aspect d'un noyau au repos, de forme sphérique, FIG. **210** et **211**. Après un certain temps, ce noyau reproduit toute la série des phénomènes que la vésicule germinative a traversés durant la première cinèse. Habituellement l'œuf s'éclaircit à sa périphérie, à l'endroit où se trouve la seconde figure; celle-ci est beaucoup plus apparente et plus facile à étudier. C'est pourquoi nous avons réservé jusqu'ici certains détails que nous voulions mentionner.

Le noyau n^2 de la FIG. **211** s'allonge, en restant attaché par sa base à la membrane plasmatique de l'œuf, au fond de la cavité qui s'est formée lors de la séparation du premier globule. Pendant cet allongement les anses nucléiniennes s'étirent et se parallélisent insensiblement ainsi qu'on le voit sur la FIG. **212** et **217**. Le noyau présente alors l'aspect de certains noyaux testiculaires des arthropodes. A mesure que le noyau s'allonge, il se dilate;

le nouveau fuseau s'y forme aux dépens du caryoplasma et la plupart des anses parallèles se coupent aux extrémités, si elles ne l'étaient déjà, et restent adhérentes aux filaments fusoriaux.

A ce stade succède peu à peu la phase équatoriale. Les tronçons nucléiniens se raccourcissent, et forment une bande régulière assez large à l'équateur, FIG. **213**. Enfin dans certains cas, qui nous ont paru fréquents d'ailleurs, peut-être toujours, les tronçons prennent la forme de bâtonnets droits ou un peu arqués; leur ensemble constitue une couronne équatoriale identique à celle de la FIG. **205**. Cependant on trouve assez souvent des bâtonnets errants en dehors de la zone médiane, FIG. **219**.

Nous n'avons pas rencontré de stade ultérieur, correspondant franchement à celui des couronnes polaires. Ce stade nous paraît faire défaut. Nous avons vu quelques fois les FIG. **214** et **215** dans lesquelles les bâtonnets de l'équateur semblent être descendus vers les pôles. Mais ces figures sont assez rares; elles ne sont pas nettes, les bâtonnets n'étant jamais ordonnés en couronne; enfin elles peuvent s'expliquer par ce fait que, dans beaucoup de figures, les couronnes ne sont pas régulières, ainsi que nous venons de le mentionner. Nous croyons plutôt qu'il faut voir dans toutes ces images : FIG. **214**, **215**, **219**, un commencement de dislocation de la figure elle-même, pour revenir à l'état quiescent.

Pendant tout ce temps la membrane nucléaire persiste, comme à la première cinèse.

Alors la figure s'efface. Elle se rapetisse et revient sur elle-même. Les tronçons ou les bâtonnets se jettent de côté et d'autre, n^2 des FIG. **221** et **222**, puis se courbent et se tassent de plus en plus. Le noyau reprend ainsi sa forme sphérique primitive, et toute trace de cinèse a disparu. Voilà donc le noyau rentré une seconde fois dans le repos.

Jusqu'ici nous n'avons rien dit du mouvement qu'exécute la figure; ce mouvement est excessivement curieux.

La seconde figure, nous l'avons dit, se développe à l'équateur, vis-à-vis du premier globule. Elle y reste un certain temps, puis elle se met en marche. Elle chemine, la base appuyée contre la membrane de MOHL, vers le pôle supérieur de l'œuf. Les FIG. **212**, **213**, **214** et **218** montrent les diverses étapes de cette excursion singulière. Ce phénomène est des plus constants; nous n'avons rencontré qu'un petit nombre de fois la FIG. **215**, dans laquelle la nouvelle figure est venu prendre la place de la vésicule au centre de l'œuf, et la FIG. **216** où elle s'avance librement

dans le cytoplasme, la pointe en avant et dirigée vers le pôle. Bref, la figure vient se placer au sommet de l'œuf; elle y demeure comme suspendue, FIG. **218** et **219**.

Nous n'avons pu décider si c'est la figure qui se met en mouvement, ou si c'est le cytoplasme tout entier qui tourne dans sa coque en emportant la figure. Quoi qu'il en soit, arrivée au pôle, elle y reste tout à fait stationnaire. Si c'est le protoplasme qui se déplace, il n'exécute donc qu'un quart de tour; après quoi il cesse de se mouvoir : phénomène qui paraîtrait des plus singuliers. C'est toujours au pôle que la seconde figure disparaît et qu'elle reprend insensiblement l'aspect d'un noyau ordinaire, FIG. **220**. A part la position qu'il occupe, il serait souvent difficile de distinguer ce noyau de celui de la FIG. **211** qui prélude à la cinèse. Pendant cette transformation, il se détache de la paroi ovulaire et rentre quelque peu dans l'œuf. A l'aide des dissolvants de la nucléine, on constate que la membrane nucléaire s'est maintenue sur la plupart des figures.

Le noyau se rétrécit de plus en plus, FIG. **221** et **222**. Cette dernière figure rend bien son aspect habituel avant l'expulsion du second globule. Il n'est pas rare de lui trouver, surtout en commençant, des contours irréguliers; il est comme couvert de pointes, FIG. **221**, et rappelle le noyau des tubes de MALPIGHI, que nous avons décrit chez l'aphrophore (1). Ces irrégularités sont dues, sans doute, au plissement de la membrane nucléaire, pendant le rapetissement de la figure.

Entre-temps, le cytoplasme ne reste pas inactif. Son réticulum se modifie et prend une direction radiale à partir du noyau. Les FIG. **221** et **222** sont très fréquentes. Elles rappellent les figures semblables d'autres nématodes, à la même étape, les FIG. **117** et **122**, par exemple.

Le moment de la sortie du second globule est arrivé. Les choses se passent exactement comme pour le premier. Le noyau s'allonge un peu et ses éléments nucléiniens se parallélisent, FIG. **223**. Ensuite ces derniers semblent se couper à l'équateur, d'une manière irrégulière, comme s'ils étaient soumis à une traction violente, FIG. **224** à **226**. C'est ainsi qu'ils arrivent à se distribuer en deux groupes simulant, à s'y méprendre, les couronnes polaires de la cinèse ordinaire. L'illusion est d'autant plus frappante que le caryoplasma s'étire en un fuseau puissant qui continue à les relier. Ce fuseau est notre fuseau de séparation. A ce moment il est assez difficile de constater

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 220, PL. I, FIG. **7**.

la persistance de la membrane. Cependant il n'est pas très rare de voir des images comme celles des FIG. **225** à **227**, dans lesquelles la membrane est séparée du groupe nucléinien inférieur; on dirait que le fuseau tend à s'échapper de plus en plus du noyau, pour se porter à la périphérie de l'œuf.

La division qui détermine la séparation du second globule polaire se fait à l'aide d'une plaque cellulaire. Cette plaque se marque parfois très tôt; ainsi, sur la FIG. **224**, où les éléments nucléiniens sont à peine séparés, on la voit déjà nettement en m^1. La plaque fusoriale se présente souvent sous la forme d'une bande sombre et assez large, comme dans les FIG. **228** et **229**. Chose assez curieuse, la plaque séparatrice définitive ne passe pas toujours au milieu de la plaque fusoriale; elle se dessine au-dessus ou au-dessous. C'est ainsi que, dans la FIG. **229**, la plaque sombre, reste dans l'œuf, tandis que, dans la FIG. **228**, c'est le contraire qui a lieu. La FIG. **227** montre le clivage de la plaque; il est rare d'en rencontrer d'aussi évidents. La partie qui est ainsi séparée est plus ou moins considérable; les granules protoplasmatiques s'y liquéfient bientôt, comme s'ils étaient digérés, ainsi que cela se voit dans les FIG. **228** et **230**, et le globule réduit, pour ainsi dire, à l'élément nucléinien, qui est beaucoup plus résistant, n'abandonne que rarement la surface ovulaire. Le plus souvent il y demeure collé, FIG. **231**, peut-être à la faveur du mucilage résultant de la fusion du protoplasme qui l'entoure, mais plutôt, croyons-nous, à cause de l'absence de clivage de la plaque cellulaire. On en trouve cependant qui nagent librement entre le cytoplasme et la grosse membrane extérieure de l'œuf.

On le voit, les cinèses polaires de l'*Ascaris lombricoïdes* présentent des phénomènes tout à fait particuliers et, pour ainsi dire, étranges.

Elles rappellent à beaucoup d'égards celles de l'*Ophiostomum*. Des deux côtés, en effet, la membrane nucléaire persiste très longtemps, probablement toujours dans dans un grand nombre de cas; il en résulte que les figures sont intérieures et que les cinèses sont incomplètes.

La persistance de la membrane est un fait important; nous avons tenu à le constater avec soin.

a) Vue en coupe optique équatoriale, la figure est entourée d'un mince liséré granuleux qui représente la coupe optique de la membrane. Ce liséré est mince, parce que la membrane de la vésicule, nous l'avons dit, est de minime épaisseur. Il est surtout visible, après l'action des dissolvants de la nucléine; il arrive même alors que les figures se couvrent de plis à cause du ratatinement de la membrane.

b) Sur les préparations colorées par le carmin, la safranine, le vert de méthyle, la figure est comme enveloppée d'un voile légèrement rosé ou bleuâtre; en abaissant et en relevant successivement le tube du microscope, on s'assure que c'est la membrane qui prend cette teinte nuageuse.

c) Pendant la séparation des globules elle se détache nettement à la base du groupe intérieur, ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, FIG. **225** à **227**.

En outre, les figures ne sont pas dimidiées; les filaments sont répandus uniformément dans tout le noyau, peut-être faute d'espace, à cause de la persistance de le membrane.

Enfin dans les premières étapes de la cinèse les éléments nucléiniens sont orientés parallèlement; c'est en se retirant peu peu, à et en s'épaissant proportionnellement, qu'ils donnent naissance aux courts bâtonnets de la couronne et à la couronne elle-même.

Il y a cependant des différences. D'abord nous n'avons jamais observé le moindre indice de segmentation transversale à l'équateur, ni le moindre indice de division longitudinale sur les bâtonnets, à aucun stade des deux cinèses. Nous sommes presque certain que la division transversale n'a pas lieu. Quant à la division longitudinale, elle pourrait, à la rigueur, se faire sur les bâtonnets de la FIG. **214** pendant qu'ils sont pressés les uns contre les autres par le retrait de la figure cinétique, FIG. **221**. Loin de nous d'ailleurs la pensée de nier catégoriquement l'existence de ces deux divisions, parce que nous ne les avons pas observées; une pareille conclusion, basée sur un argument purement négatif, ne serait pas logique. Mais nous devons relater les faits avec exactitude.

Nous ferons une remarque semblable à propos de la seconde différence que nous voulons mentionner, et qui a trait à la manière dont se forment les groupes polaires et le fuseau de séparation. Dans l'*Ophiostomum* ces groupes sont marqués à l'issue de la cinèse; il sont constitués de six demi-bâtonnets, ou de trois bâtonnets encore géminés. Il en est autrement chez l'*Ascaris lombricoides*. Il est aussi impossible d'y reconnaître deux groupes, à l'étape des FIG. **221** et **222**, que dans les noyaux ordinaires. A ne considérer que les phénomènes, il *semble*, avons-nous dit à dessein, que les anses ou les tronçons nucléiniens se déchirent violemment au moment même de la formation du fuseau de séparation, comme ils le feraient dans la sténose d'un noyau à filament continu, ou à tronçons allongés et enchevêtrés. Il se pourrait cependant que l'apparence ne correspondit pas à la réalité. Les

bâtonnets de la couronne équatoriale sont certainement indépendants; ils peuvent rester tels pendant la dislocation de la figure et se réunir en deux groupes rapprochés et serrés, quoique distincts, dans la masse, unique en apparence, de la FIG. **222**. Pendant la formation du fuseau de séparation, ces groupes ne feraient que s'éloigner l'un de l'autre, comme dans toutes les autres espèces que nous avons étudiées. Au point du vue de l'analogie cette explication est très plausible et, loin de la rejeter, nous sommes porté à l'accepter. Mais, en biologie, l'analogie reposant sur un nombre de faits aussi restreint est mauvaise conseillère. On ne voit pas d'ailleurs pourquoi la formation des globules polaires ne pourrait s'accompagner de la scission des anses nucléiniennes, surtout si l'on songe qu'elle se fait à l'équateur dans l'*Ophiostomum*. Il faut attendre que l'on ait fouillé d'autres groupes pour se prononcer définitivement entre les deux interprétations susmentionnées.

VI.

Ascaris du chien (1) : Pl. V, fig. 131 à 133.

Nous avons peu de choses à dire sur cet ascaride, les matériaux nous ayant manqué pour en faire une étude approfondie; nous le regrettons vivement, car l'élément nucléinien de la vésicule germinative nous a offert des particularités intéressantes.

1° La FIG. **131***B* représente le noyau d'un œuf jeune; on y remarque un boyau pelotonné. Ce boyau se scinde de bonne heure en huit tronçons qui s'ordonnent en deux groupes quaternaires, comme chez l'*Ascaris megalocephala*, ainsi que nous l'avons representé en *A*, FIG. **131**. On voit en outre sur cette figure que les bâtonnets, *ni*, sont déjà marqués d'une ligne hyaline longitudinale. Il existe un nucléole plasmatique, *np*, dans ces noyaux.

Les œufs ressemblent à ceux de l'ascaride du cheval; on y trouve également de nombreuses plaques vitellines. Les cinèses sont calquées sur celles que nous avons décrites dans notre mémoire précédent. La FIG. **132** reproduit une portion de l'œuf avant la cinèse au moment où la membrane de la vésicule germinative est résolue. Le lecteur voudra bien com-

(1) Cet *Ascaris* n'est pas le *mystax*, mais nous n'avons pu le déterminer. Nous ne le connaissons que par trois exemplaires qui nous ont été envoyés de l'École vétérinaire de Cureghem; nous ne l'avons plus retrouvé depuis dans les nombreux chiens que nous avons sacrifiés.

parer cette figure avec la FIG **13**,*a*, PL. I, de l'*Ascaris megalocephala*; il verra que ces deux figures sont identiques. De part et d'autre, les deux groupes nucléiniens sont restés bien distincts, et ils sont directement plongés dans le cytoplasme commun, dérivant de la fusion du plasma nucléaire et du protoplasme ovulaire.

Mais la constitution des bâtonnets de la FIG. **132** est digne d'attention. Chacun d'eux est composé de trois ou quatre portions étranglées, séparées l'une de l'autre par un espace hyalin et vide de nucléine. Celle-ci s'est retirée dans les renflements; en outre elle s'est localisée contre la paroi de son étui, de telle sorte que les bâtonnets sont parcourus dans toute leur longueur par une large bande transparente. Les lisérés nucléiniens sont comme déchiquetés, ou formés de granules superposés, mais reliés par des traînées de nucléine. On dirait qu'ils sont en division longitudinale. Parfois aussi les renflements sont uniformément granuleux, comme on le voit sur la FIG. **133**, g^1 et n^2. Sous un grossissement suffisant, on constate que les granules sont alors alignés en séries longitudinales.

L'ensemble de ces bâtonnets présente un aspect singulier. Lorsqu'ils se croisent, et surtout lorsque les deux groupes sont rapprochés ou à demi-superposés par projection, on croirait voir un très grand nombre de minces bâtonnets, ou une masse compacte de granules. Pour saisir la réalité, il est nécessaire de parcourir les préparations pour rencontrer des groupes étalés, dans lesquels les véritables éléments soient séparés les uns des autres, comme ceux de notre FIG. **132**. La paroi plastinienne se voit bien sur ces volumineux bâtonnets, surtout aux endroits d'où la nucléine a émigré.

Ces détails prouvent d'ailleurs que le boyau nucléinien peut offrir des interruptions sans cesser d'être continu; du fait seul que la nucléine se présente en amas, ou en tronçons, apparemment séparés, on ne peut conclure à la non-continuité du filament dans un noyau.

Le noyau spermatique, *ns*, FIG. **132**, renferme quatre bâtonnets distincts, qui portent également les marques apparentes d'une future division.

2° Nous avons découvert un certain nombre de figures du premier globule polaire; elles sont identiques à celles de l'*Ascaris megalocephala*. Nous avons remarqué en particulier les FIG **15**, **33** et **35**, de nos PL. I et II. Le fuseau est dimidié, et les deux groupes quaternaires de bâtonnets se trouvent à l'équateur dès l'origine de la figure. Nous avons observé également les FIG. **42** et **45** qui marquent la rupture de la figure et son retour à l'état de protoplasme ordinaire.

La FIG **133** indique la formation du premier globule polaire. A voir les signes si palpables de division longitudinale portés par les bâtonnets, on aurait pu croire que cette division se serait réalisée à la fin de la première cinèse. Il n'en est rien; l'un des groupes quaternaires est expulsé, l'autre est conservé, et l'aspect des bâtonnets n'a nullement changé.

Nos observations sur le second globule sont insuffisantes. Nous dirons seulement que, sur les cinq ou six figures que nous avons rencontrées, les bâtonnets binaires étaient toujours stationnaires. Il y a donc lieu de penser que leur division ne s'effectue que dans le noyau définitif de l'œuf; malheureusement nous n'avons pu pousser plus loin nos recherches.

Nous l'avons d'autant plus regretté que nous étions plus désireux de contrôler nos observations, concernant la reconstitution des noyaux de conjugaison chez l'*Ascaris megalocephala*, sur une espèce dont les phénomènes cinétiques présentaient une si grande analogie avec les siens.

VII.

Ascaris megalocephala.

Pour terminer ce chapitre, nous dirons un mot du développement des noyaux sexuels chez l'*Ascaris megalocephala*, phénomène que nous ne pouvions aborder avant d'avoir terminé les descriptions précédentes, et que nous avons dû passer sous silence dans notre premier travail.

Reconstitution des noyaux de conjugaison : Pl. V, fig. I, II, III, IV et V.

1° *Noyau ovulaire.*

Nous connaissons sa constitution à son premier début (1); rappelons seulement qu'il renferme deux bâtonnets nucléiniens volumineux. Dans les espèces précédentes qui ont un noyau semblable, les bâtonnets se divisent longitudinalement. Il n'en est peut-être pas ainsi chez l'ascaride du cheval; en effet, nous n'y avons jamais observé clairement ce mode de division sur les deux bâtonnets primitifs. Nous avons rarement remarqué que l'un d'eux

(1) Mémoire précédent, p. 51 à 53. — Nous avons rappelé à cet endroit l'opinion de E. VAN BENEDEN sur la constitution originelle du noyau femelle, et nous en avons fait une critique suffisante. La description qui va suivre du développement des noyaux sexuels, chez l'*Ascaris megalocephala*, diffère totalement de celle qu'en a tracée notre collègue de Liége, l. c., p. 511 à 524. E. VAN BENEDEN parle de membrane nucléaire chromatique et achromatique, d'imbibition de la membrane achromatique par la substance chromatique; pour lui la membrane achromatique fair partie de la charpente chromatique, etc. Nous ne ponvons nous attarder à réfuter de semblables assertions. Voir notre *Mémoire précédent*, p. 4, p. 12; — La *Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 207, note (1); — La *Biologie cellulaire*, p. 242, 251 et passim.

portait une ligne hyaline continue, FIG. I, n^3, ou était remplacé par deux bâtonnets plus minces et de même longueur que le second, qui était encore intact. Le plus souvent on rencontre des images analogues à celles de notre FIG. II, PL. V. En *A*, on aperçoit un jeune noyau renfermant deux groupes binaires d'éléments nucléiniens, qui représentent évidemment les deux bâtonnets originels. Dans le groupe inférieur les deux parties constituantes se tiennent encore par un mince pédicule étiré; dans le groupe supérieur elles sont isolées; en outre elles sont traversées par une ligne blanche longitudinale. Le jeune noyau *B* de la même figure présente à peu près la même constitution, seulement deux des moitiés ne sont plus retenues par un pédicule; elles sont libres toutes quatre, et aucune n'est marquée d'une ligne hyaline. Sur d'autres œufs on trouve que la nucléine s'est portée surtout vers les extrémités des deux bâtonnets; leur partie centrale devient plus claire, elle s'amincit et semble s'étrangler. On constate ça et là les mêmes phénomènes sur les éléments du second globule polaire, g^2, FIG. II. Ils indiquent assez clairement, nous semble-t-il, que les deux bâtonnets subissent d'abord la division transversale.

Le noyau n^3 de la FIG. II est plus avancé. Il renferme quatre groupes binaires; deux ont leurs bâtonnets parallèles; les deux autres les ont croisés. Enfin, sur la FIG. III, n^3, on aperçoit huit bâtonnets, séparés pour la plupart, et répandus dans tout le noyau. En comparant les trois noyaux *A* et n^3, FIG. II, et n^3, FIG. III, on acquiert la conviction que les bâtonnets issus de la division transversale subissent une nouvelle division. Cette division est longitudinale; en effet, sur la première de ces figures, la ligne hyaline se marque dans le sens de la longueur du bâtonnet originel. Mais nous ne voulons pas faire de la chose une question de mots. Les bâtonnets se segmentent et se multiplient, c'est la chose essentielle que nous voulions noter. La seconde division se constate plus difficilement que la première, parce que, le plus souvent, les jeunes bâtonnets ne se séparent pas les uns des autres; ils demeurent groupés, et, comme en outre ils peuvent se croiser, n^3 FIG. II, il est souvent difficile de les distinguer et surtout de les compter. Mais les images comme celles de la FIG. III, n^3 nous paraissent lever tout doute concernant la réalité de la seconde segmentation.

Nous ne pourrions dire si les bâtonnets subissent encore une division, avant de se reconstituer en filament. A l'étape suivante, nous avons fréquemment rencontré, sur les préparations faites à l'aide de matériaux maintenus pendant deux jours dans l'alcool acétique, la FIG. IV n^3, ou des figures tout à fait semblables. Le noyau n^3 n'a pas atteint plus de la moitié de son

volume définitif, et cependant on y voit un peloton nucléinien des plus reconnaissables; il tranche, sur le caryoplasma hyalin, par la coloration verte assez intense que lui communique le vert de méthyle. Ces faits prouvent que le développement du noyau ovulaire de l'*Ascaris megalocephala* se fait exactement comme dans les espèces précédentes, à part la division transversale initiale des deux bâtonnets.

2° *Noyau spermatique.*

Nous devons dire la même chose dn noyau spermatique.

Au moment de la pénétration du spermatozoïde dans l'œuf, il serait difficile de dire si son noyau renferme quatre bâtonnets, ou deux seulement. Plus tard, on en compte sûrement quatre sur certains d'entre eux, FIG. I, *A* et *B*, mais ils sont souvent groupés et difficiles à distinguer.

Les bâtonnets subissent ensuite la division, FIG. I, *C* et *D*. On ne peut constater ce phénomène avec autant de certitude sur les bâtonnets qui ne sont pas aussi séparés que ceux de ces deux figures; cependant son existance est générale. En effet, au stade subséquent, chacun des groupes nucléiniens est remplacé par quelques bâtonnets placés en zigzag, ou par un mince filament tortillé, FIG. III, *ns*; les images de ce genre sont communes. Du moment que la division a été constatée sur d'autres noyaux, il est naturel d'admettre que les petits bâtonnets ou les tortillons de ces figures sont le résultat d'une semblable division, rendue indistincte par le rapprochement des bâtonnets primitifs et, peut-être aussi, par l'allongement sur place des éléments qui en sont issus.

Dans la FIG. II, *ns*, les nouveaux bâtonnets se répandent dans le noyau et se soudent, sans doute, pour reconstituer le filament de la FIG. IV, *ns*. Ces deux noyaux *ns* ont été copiés exactement à la chambre claire. On trouve d'ailleurs toutes les transitions entre le noyau *ns* de la FIG. III et le noyau *ns* de la FIG. IV; les bâtonnets ou les tronçons tortillés des trois groupes du premier se sépareraient peu à peu, pour donner ensuite naissance à l'élement filamenteux du second. Cette interprétation nous paraît plausible.

Les phénomènes précédents se passent assez tôt; ils sont achevés déjà alors que le noyau n'a pas atteint, loin de là, ses dimensions définitives, FIG. IV. Les noyaux de cette figure ne feront plus que grandir en développant leurs anses nucléiniennes. Au moment de la conjugaison, celles-ci sont assez nombreuses et d'une grande minceur.

Le développement du noyau mâle, chez l'ascaride du cheval, est donc aussi calqué sur celui des autres nématodes.

RÉSUMÉ. — CONCLUSIONS.

I. Constitution de l'œuf et de la vésicule germinative.

Au point de vue de son organisation, l'œuf est une cellule ordinaire; on y distingue en effet tous les éléments d'une cellule typique : la membrane, le protoplasme et le noyau.

1° *La membrane.*

Les œufs jeunes ont une membrane. Les réactifs coagulants la mettent parfois en évidence avec une grande netteté, en déterminant la rétraction du protoplasme, ainsi que cela se voit en *m'*, FIG. **101**, *B* et *C*. D'abord mince et d'une extrême délicatesse, elle s'affermit et s'épaissit peu à peu; cependant elle reste apparemment simple; nous ne sommes pas parvenu à la dédoubler. Cette membrane *m'* est la *membrane primaire*; elle correspond en effet à celle qui porte ce nom chez les végétaux. Elle est réticulée, comme les autres membranes, FIG. **102** et **275**; mais le plus souvent son réseau présente des caractères qui la distinguent des enveloppes sous-jacentes, FIG. **275**,*m'*.

La membrane de l'œuf de certains nématodes nous semble être constituée exclusivement par cette première couche; il en est ainsi, croyons-nous, chez le *Filaroïdes mustelarum*, FIG. **175** à **180**, FIG. **236** à **245**, et chez l'*Ophiostomum mucronatum*, FIG. **182** à **199**; du moins les couches secondaires n'y sont pas visibles.

Mais sur d'autres œufs il se dépose une série de nouvelles couches concentriques dont l'ensemble forme ce que nous appellerons la *membrane secondaire* (1), pour nous conformer au langage cytologique : *m''*, FIG. **102**, **233**, **273** à **275**. A première vue, cet ensemble est homogène, et c'est ainsi que nos devanciers l'ont généralement considéré (2). Mais les réactifs en dévoilent la structure. Il n'est pas rare de rencontrer, dans les préparations à l'acide nitrique, etc., la FIG. **18**, PL. I, qui provient de l'*Ascaris megalocephala*. On y voit, en coupe optique, en dedans de la membrane extérieure ou primaire, plusieurs couches secondaires exfoliées et indépendantes les unes des autres; la membrane de l'œuf est encore cependant bien mince à cette époque. Sur la FIG. **102**, PL. V, représentant un œuf de *Spiroptera strumosa*, après la pénétration du spermatozoïde, la membrane gonflée, *m''*, offre la même constitution.

(1) La première couche ou membrane périvitelline des zoologistes.

(2) Voir E. VAN BENEDEN, l. c., p. 455, etc. Cet auteur admet aussi que les jeunes œufs sont absolument dépourvus de toute membrane, p. 315 et 316.

Non seulement la paroi secondaire est formée de couches concentriques mais elle est aussi striée radialement, comme beaucoup d'autres membranes animales et végétales. La FIG. **274**. que nous avons parfois rencontrée en abondance dans certaines préparations, chez l'*Ascaris megalocephala*, fournit la preuve de cette assertion. Ces stries sont vraisemblablement occasionnées par les trabécules radiales des diverses couches concentriques, qui se correspondent assez exactement de l'une à l'autre.

Ces couches sont en effet réticulées, comme la membrane primaire; nous avons tenu à reproduire quelques exemples de cette structure dans les FIG. **273** et **275**, tirées des *Ascaris mystax* et *megalocephala*. Les minces feuillets m'' de ces figures représentent de jeunes membranes, probablement encore en voie de formation.

Enfin il peut se former une troisième membrane, la *membrane tertiaire*(1), la dernière de la série. Cette membrane est aussi réticulée, et se plisse aisément; elle se voit en dedans de la membrane secondaire sur nos FIG. **87** à **93**, PL. IV, provenant de l'ascaride du cheval, et sur la FIG. **233**, m''', appartenant à l'ascaride du chien. En coupe optique, cette membrane est mince et bosselée; on l'a représentée vue en surface pour montrer les mailles délicates formées par ses trabécules.

La membrane tertiaire manque assez souvent, même lorsque la précédente acquiert une grande puissance; elle fait défaut sur toutes nos figures des nématodes de la taupe et de la roussette.

Comme dans beaucoup de couches cellulaires épaisses, la structure réticulée des membranes primaire, secondaire et tertiaire peut présenter des caractères différents.

Toutes ces membranes sont l'œuvre du cytoplasme. Elles en dérivent en effet successivement, et conservent l'empreinte de sa structure réticulée, malgré les changements physiques et chimiques qui y surviennent pendant leur différentiation (2).

Nous ne pouvons entrer dans de plus amples détails, sans sortir du sujet de ce mémoire (3). Nous avons seulement tenu à montrer que, contrairement aux assertions des auteurs, les membranes des œufs des nématodes possèdent la structure typique des membranes cellulaires ordinaires, animales et végétales.

(1) La seconde couche périvitelline.

(2) On peut voir à ce sujet : *La Biologie cellulaire*, p. 199 et sqq. Nous parlerons d'ailleurs plus loin de la formation des membranes, à propos de la segmentation embryonnaire.

(3) Nous aurons bientôt l'occasion de mettre ces faits en lumière dans le second fascicule de notre *Biologie*.

2° *Le protoplasme.*

Le protoplasme des œufs de nématodes ne présente non plus rien de particulier. Comme dans toute cellule, il se compose d'un réticulum plastinien, que les digestions artificielles et les dissolvants des albuminoïdes ordinaires mettent surtout en évidence, et d'un enchylème finement granuleux. En outre, on peut y rencontrer des enclaves : les vacuoles et les plaques vitellines. (1). Nous avons dit que les œufs des nématodes de la taupe et de la roussette sont dépourvus de ces corps, à part quelques vacuoles qui y surgissent, surtout pendant les cinèses. Cette absence se conçoit : les enclaves ne font nullement partie constituante et essentielle du protoplasme; ce sont des productions accidentelles, alors même qu'elles sont normales (2).

Les enclaves, quand elles acquièrent un certain volume, modifient la structure du protoplasme. Elles refoulent de tous côtés les mailles du réticulum originel et le transforment en cordons plasmatiques. C'est à tort que certains auteurs confondent ces cordons avec le réticulum lui-même. Les trabécules de ce dernier sont toujours simples; les cordons au contraire sont formés d'un nombre plus ou moins considérable de couches de mailles repoussées et ratatinées. Nous avons déjà eu l'occasion de faire cette distinction, d'ailleurs élémentaire(3). Ces quelques mots suffisent à montrer pourquoi nous n'avons pas décrit longuement les œufs des diverses espèces que nous avons étudiées; c'eût été perdre notre temps et ennuyer le lecteur. Nous avons préféré donner toute notre attention au troisième élément de la cellule ovulaire, c'est-à-dire à son noyau.

3° *Noyau ou vésicule germinative.*

C'était nécessaire. On était loin en effet d'être fixé sur la constitution et la nature de ses diverses parties (4). En résumé, la vésicule germinative est un noyau ordinaire, dans lequel l'élément nucléinien a *seul* subi certaines modifications.

Généralement, chez les nématodes étudiés, cet élément se scinde en huit tronçons qui se groupent par quatre, pour former deux taches de

(1) P. Hallez : *Recherches sur l'embryogénie, etc. de quelques nématodes*, 1885, fait remarquer, p. 11, que les gouttelettes homogènes de E. Van Beneden ne sont que des vacuoles.

(2) *Biologie cellulaire*, p. 197 et suivantes, et p. 246.

(3) Ibidem.

(4) Voir *Biologie*, p. 222 et suivantes, p. 237, 241, etc. — *Mémoire précédent* p. 3 á 15. — Voir aussi plus haut ce que nous avons dit de la vésicule germinative dans les diverses espèces.

Wagner : *Ascaris megalocephala*, etc., ou qui se réunissent en une seule tache, dans laquelle le groupement quaternaire est souvent ébauché. Il est possible qu'il se ramasse parfois en peloton, au centre de la vésicule : *Ascaris lombricoïdes*.

Souvent ces nucléoles nucléiniens restent stationnaires, c'est-à-dire qu'ils ne subissent aucun changement notable jusqu'à la cinèse, à part l'indice de division longitudinale qui peut s'y marquer; tels sont ceux de la *Spiroptera*, mais surtout ceux de l'*Ascaris megalocephala* et de l'*Ascaris* du chien. Ailleurs ils se modifient assez tôt, et se répandent dans le noyau, probablement sous la forme filamenteuse; ainsi que cela se voit chez l'*Ascaris lombricoides* et le nématode du *Scyllium*. (1). C'est sous cette forme que l'élément nucléinien semble entrer en cinèse dans la première de ces deux espèces, ainsi que dans l'*Ophiostomum mucronatum*; tandis qu'il se scinde en huit tronçons chez la coronille.

On voit qu'il règne une assez grande variété dans la manière d'être de l'élément nucléinien au sein de la vésicule des nématodes. Il serait impossible d'en donner un schéma général.

II. Cinèses.

Les cinèses sont aussi variables chez les nématodes suivant les espèces; cependant elles présentent un certain nombre de caractères généraux et constants.

I. Variations dans les cinèses polaires.

1° *Les cinèses sont variables dans leurs allures et dans leurs figures.*

Il est à peine besoin de rappeler ce fait; tout notre travail le prouve.

Ici la membrane nucléaire entre en résolution; là elle persiste plus ou moins longtemps. Le plus souvent le fuseau est dimidié, parfois il ne l'est pas, visiblement du moins, comme chez l'*Ophiostomum* et l'*Ascaris lombricoïdes*. Il porte des plateaux ou il en est dépourvu. La figure s'ouvre largement et finit par se rompre, ou bien elle se maintient jusqu'à la fin de la cinèse dans son état primitif.

On se rappelle les singuliers asters de divers ordres de l'*Ascaris megalocephala*; ils sont remplacés par un grand aster polaire chez la *Spiroptera*

(1) Nous avons déjà signalé des faits semblables dans la *Biologie*, p. 223 et 224.

strumosa. Dans les autres espèces, on ne trouve plus, en règle générale, que les deux asters de la cinèse ordinaire; ceux-ci font même parfois défaut.

Dans l'ascaride du cheval et celui du chien, habituellement aussi dans le filaroïde du putois, les groupes nucléiniens se trouvent en position équatoriale, dès le début du fuseau, et restent tels qu'ils sont durant toutes les étapes de la cinèse. Mais dans les nématodes de la taupe et de la roussette, les bâtonnets de la tache de Wagner se séparent généralement et s'éparpillent d'abord dans le noyau, pour venir ensuite se ranger à l'équateur du fuseau, à l'instar de ce qui a lieu dans la cinèse ordinaire. Enfin, dans l'ascaride du porc et l'ophiostome de l'oreillard, l'élément nucléinien filamenteux se transforme, en tronçons parallèles et allongés, qui se ramassent sur eux-mêmes à l'équateur en forme de couronne.

Le nombre des bâtonnets qui forment la première figure varie également. Il est de huit dans la plupart des espèces, de six dans l'*Ophiostomum* et d'une douzaine environ chez l'*Ascaris lombricoïdes*.

Ce nombre ne correspond pas d'ailleurs, nous le verrons plus loin, à celui des bâtonnets des premières segmentations embryonnaires.

2° *Les cinèses sont surtout variables au point de vue de la division de de l'élément nucléinien.*

a) Nous savons que, chez certaines espèces : *Ascaris megalocephala*, *Ascaris* du chien, *Spiroptera strumosa*, *Filaroïdes mustelarum*, aucune division n'a lieu, malgré les indices qui peuvent s'en présenter, jusqu'après la formation du second globule polaire.

b) Ailleurs, chez la *Coronilla* par exemple, elle peut déjà se faire à la fin de la seconde cinèse, avant l'expulsion du second globule. Mais on trouve alors de grandes variations dans les figures, parce que le moment de cette division n'est pas fixe et rigoureux; elle se fait plus tôt ou plus tard, non seulement dans les œufs différents, mais sur les divers bâtonnets d'un même œuf. Il n'est pas inutile de rappeler que nous n'avons jamais observé la division longitudinale dans la figure elle-même; elle a toujours lieu après l'effacement de cette dernière et son retour à l'état quiescent. On pourrait donc affirmer qu'elle n'a rien à faire avec la cinèse proprement dite.

c) Les choses se passent tout autrement chez l'*Ophiostomum mucronatum*. En règle générale, il se fait, dans cette espèce, une division transversale au sein de la *couronne équatoriale*; cette division peut cependant ne pas s'y achever. Elle se répète à chaque cinèse. En outre, elle est suivie, chaque fois, d'une division longitudinale. Mais celle-ci n'a lieu que plus tard

et, comme dans les espèces précédentes, elle se complète seulement après la disparition de la figure cinétique.

Si l'on supposait que la division transversale a pour but d'achever une division longitudinale antérieure (1), il faudrait admettre quatre divisions longitudinales successives, une avant, et une après chacune des deux cinèses, la première ne s'achevant qu'au sein de la couronne équatoriale.

Dans tous les cas, il est certain que la scission des bâtonnets existe au sein de la couronne équatoriale, l'interprétation ne peut changer en rien le fait lui-même. Dans les autres espèces, on ne trouve rien de semblable.

Notons encore que la division longitudinale, qui doit se faire après la cinèse, se marque déjà à l'équateur, avant que la séparation transversale ne soit achevée. *Deux divisions peuvent donc être en voie de s'effectuer en même temps.*

Bien que nous ne les ayons pas observées, il est possible que les mêmes divisions se fassent aussi chez l'*Ascaris lombricoïdes*.

d) Dans certaines espèces, la division longitudinale s'indique longtemps avant de se réaliser. La spiroptère est surtout remarquable sous ce rapport; la ligne hyaline qui coupe les bâtonnets suivant leur longueur est déjà indiquée nettement au sein de la vésicule germinative, FIG. **103**. Ces bâtonnets, cependant, traverseront deux cinèses successives et figureront dans deux couronnes équatoriales sans se diviser. Il en est de même à peu près chez le nématode du *Scyllium*. C'est pourquoi nous avons pu affirmer avec fondement que les indices les mieux marqués de division longitudinale ne sont pas un signe certain de séparation prochaine; il faut *voir la division s'effectuer pour pouvoir conclure à son existence*, sans cela on ne peut que deviner, ou faire des rapprochements dénués de fondement solide.

3° *Les cinèses polaires sont plus ou moins complètes.*

Dans la plupart des espèces les cinèses sont totales, comme dans la division ordinaire. Mais il n'en est plus toujours de même chez le nématode de la roussette, ni surtout chez l'ophiostome de la chauve-souris et l'ascaride lombricoïde. Les figures cinétiques y existent encore, il est vrai, mais elles sont peu développées et, dans les deux dernières espèces, elles restent généralement intérieures, à cause de la persistance de la membrane nucléaire.

En discutant la nature de la division polaire chez l'*Ascaris megalocephala* (2), nous sommes arrivé à la conclusion suivante : cette division est une

(1) Voir plus haut, p. 34.

(2) *Mémoire précédent*, p. 56 à 58.

sorte de sténose greffée sur une cinèse. Les phénomènes qui nous sont offerts par l'ophiostome et l'ascaride lombricoïde nous semblent prêter un appui solide à cette manière de voir. Car, chez ces animaux, la formation des globules polaires présente, en dernière analyse, tous les caractères d'une sténose véritable. On pourrait dire que la vésicule germinative y subit directement deux divisions successives et que sa membrane et son caryoplasma se retrouvent dans les quatre noyaux qui en résultent. La présence d'une plaque de séparation ne change d'ailleurs rien à la nature du phénomène. Nous avons prouvé ailleurs que les plaques cellulaires peuvent intervenir dans la sténose, comme dans la cinèse; récemment, notre savant collègue J. Denys, dans son beau mémoire sur les cellules de la moelle (1), a établi qu'elles se rencontrent également dans les sténoses des cellules géantes. Ce point n'est plus douteux pour nous aujourd'hui.

Les faits que nous venons de rappeler sont peut-être aussi de nature à montrer que nous n'avons pas eu tort d'établir une troisième catégorie de divisions, intermédiaire entre la cinèse et la sténose, et qui établit le passage insensible de l'une à l'autre (2).

II. Phénomènes généraux des cinèses polaires.

Cependant tout n'est pas variable dans la formation des globules polaires, chez les nématodes.

Nos observations démontrent, au contraire, qu'on y rencontre un certain nombre de phénomènes constants, et que l'on peut considérer comme caractéristiques; ce sont les suivants :

1° Dans toutes les espèces, la première et la seconde cinèse sont identiques, non seulement quant à leurs traits généraux, mais le plus souvent quant à leurs détails les plus minimes (3). Cette identité est plus frappante encore chez l'*Ophiostomum mucronatum* et l'*Ascaris lombricoïdes*, que chez les autres nématodes.

2° Les figures varient d'une espèce à l'autre, mais elles sont constantes dans chacune d'elles.

3° Partout il y a absence de retour des bâtonnets vers les pôles de la figure et, par conséquent, absence de couronnes polaires véritables.

---

(1) J. Denys : *La Cytodiérèse des cellules géantes et des petites cellules incolores de la moelle*; La Cellule, t. II, 2e fascicule, p. 266, et Pl. I, fig. 90 et 91.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 409.

(3) Voir au *Mémoire précédent*, p. 45, la critique de l'opinion contraire de E. Van Beneden.

4° Partout les deux figures cinétiques s'effacent et disparaissent, comme telles, avant la formation des globules.

5° Alors même que la division, soit longitudinale soit transversale, des bâtonnets se fait, elle n'intervient pas dans l'acte même de la formation des globules polaires; divisés, ou non, les bâtonnets s'en vont tels qu'ils étaient primitivement, c'est-à-dire qu'ils sont expulsés en totalité.

6° Il y a constamment, dans chacun des globules, la moitié des bâtonnets existant dans l'œuf, au moment de sa formation. Nous venons de dire que l'on ne doit pas tenir compte de la division qui pourrait intervenir, car elle est tout à fait étrangère au phénomène; les bâtonnets sont alors représentés par leurs moitiés.

7° Chez les nématodes étudiés, les trois quarts de l'élément nucléinien de la vésicule germinative sont donc toujours éliminés, sans que rien ne soit enlevé aux éléments restants (1).

Nous allons revenir sur ces trois derniers points.

8° Dans toutes les espèces, et pour chacun des globules, il apparaît un nouveau fuseau, indépendant de l'ancien, alors même que certains éléments de la figure effacée pourraient prendre part à sa formation; ce fuseau est *notre fuseau de séparation*. L'élimination des globules se fait donc par une sorte de sténose (2).

9° L'isolement des globules polaires à lieu, chez les nématodes, à l'aide d'une plaque cellulaire (3).

10° Cette séparation est une véritable segmentation inégale; les globules polaires de ces animaux sont donc des cellules et non de simples noyaux (4).

11° Les bâtonnets privilégiés, destinés au noyau définitif de l'œuf, subissent, tôt ou tard, la division longitudinale, au moins une fois. Nous avons constaté l'existence de cette division sur toutes les espèces, à l'exception de l'ascaride lombricoïde. Chez l'*Ascaris megalocephala*, elle est précédée d'une division transversale, au sein du noyau ovulaire.

12° Les bâtonnets du noyau spermatique, quel que soit leur nombre au moment de la formation du spermatozoïde (5), sont généralement au nombre de quatre dans l'œuf; ils subissent également la division longitudinale, peut-être à plusieurs reprises.

---

(1) Voir, au *Mémoire précédent*, p. 62 et 63, ce qu'il faut penser de l'épuration de la nucléine.
(2) *Mémoire précédent*, p. 57 et 58.
(3) Ibidem, p. 40 et 41.
(4) Ibidem, p. 40 et 41.
(5) Nous n'avons pas à nous occuper ici de cette question.

13° Après cette multiplication, les nouveaux bâtonnets des deux noyaux s'allongent, se tortillent dans le caryoplasma et s'ordonnent pour reconstituer l'élément nucléinien, qui est en tout semblable à celui des noyaux ordinaires.

14° Ainsi, les deux noyaux de conjugaison se développent et s'achèvent, comme le font les noyaux nouveaux à l'aide des bâtonnets des couronnes polaires, à l'issue de la cinèse vulgaire.

15° Ces noyaux ne se distinguent par aucun caractère visible des noyaux des tissus.

Remarques.

Nous croyons inutile de faire observer que nous n'avons nullement l'intention de généraliser ces résultats; l'observation seule peut nous faire connaître comment les phénomènes que nous venons d'étudier se passent chez les autres animaux.

A en juger par les observations des savants qui se sont occupés spécialement de la formation des globules polaires, dans d'autres groupes, les phénomènes s'y dérouleraient autrement. En général, ils admettent que les éléments de la couronne équatoriale se retirent, moitié par moitié, vers les pôles, et que le fuseau de la figure cinétique se coupe en son milieu, avec ou sans le concours d'une plaque fusoriale. Loin de nous la pensée de révoquer en doute la rectitude de ces observations. Néanmoins on voudra bien nous permettre d'appeler l'attention sur les points suivants :

1° Le fuseau de séparation, qui remplace la figure effacée, n'existerait-il pas ailleurs que chez les nématodes? Sans être prévenu, on peut en effet le confondre aisément avec le fuseau cinétique.

2° Comment se comportent les éléments nucléiniens à l'équateur des deux figures? Y subissent-ils une division? Si oui, de quelle manière s'opère la séparation de leurs moitiés? Celles-ci sont-elles disjointes comme dans la cinèse ordinaire, ou bien ne sont-elles pas plutôt expulsées ensemble ou maintenues ensemble au sein de l'œuf, comme chez la plupart des nématodes?

Ce sont là autant de questions qui n'ont peut-être pas encore été posées assez nettement; elles auraient pu passer inaperçues, faute de leur prêter une attention spéciale.

Pour apprécier certaines théories sur la fécondation, il serait surtout important de connaître si, dans le cas d'une division équatoriale, la portion expulsée et la portion conservée renferment chacune une moitié de chaque bâtonnet. Car, dans cette hypothèse, le noyau définitif de l'œuf serait de

même nature que la vésicule; il serait encore, par exemple, à la fois mâle et femelle. Les globules polaires ne pourraient plus alors avoir pour but d'éliminer le sexe mâle du noyau de l'œuf (1).

3° Il serait bien intéressant aussi de savoir si le mode de formation des globules polaires, que nous avons décrit chez l'*Ophiostomum mucronatum*, et surtout chez l'*Ascaris lombricoïdes*, est particulier à ces espèces. On admettrait difficilement qu'il en fût ainsi.

Qui sait d'ailleurs si l'on ne trouvera pas encore d'autres modes d'expulsion des globules? Nous sommes intimement convaincu que, sur ce point, comme sur beaucoup d'autres, la nature nous réserve des surprises. On a fouillé si peu d'animaux, eu égard à l'immensité de leur nombre, qu'il serait puéril de vouloir émettre aujourd'hui une théorie générale sur la formation des globules polaires, surtout en ce qui concerne l'élément nucléinien, ce protée de la biologie.

III. Globules polaires.

1° Nous l'avons dit plus haut, la moitié des bâtonnets primitifs de la première figure est emportée avec le premier globule, et la moitié de ceux de la seconde avec le dernier; conséquemment, les trois quarts de l'élément nucléinien de la vésicule germinative sont éliminés. Cette loi doit être expliquée et interprétée.

a) Elle se vérifie d'une manière éclatante sur l'*Ascaris megalocephala* (2), sur l'*Ascaris* du chien, la *Spiroptera* et le *Filaroïdes*; en effet, dans ces espèces, aucune division ne vient compliquer les figures, ni masquer la formation des globules. Les phénomènes s'y montrent d'une grande simplicité et d'une grande clarté : quatre des huit bâtonnets primitifs de la vésicule sont expulsés avec le premier globule, et deux autres avec le second; il en reste deux seulement pour le noyau définitif de l'œuf.

b) Elle se vérifie également lorsque la division longitudinale se fait à la fin de la seconde cinèse, comme chez la *Coronilla*. Il suffit de jeter les yeux sur les FIG. **159**, **160**, **162**, **167**, etc. pour s'en assurer; on y voit clairement que les deux moitiés de chaque bâtonnet sont expulsées ensemble, ou maintenues ensemble à l'intérieur de l'œuf. Il y a donc sous ce rapport une grande différence entre les résultats de la division longitudinale des cinèses

(1) Voir aux pages suivantes.

(2) Voir *Mémoire précédent*, p. 53, 54, 61, 62 et passim.

polaires et ceux de la division longitudinale équatoriale des cinèses ordinaires. Dans celles-ci, en effet, HEUSER l'a démontré, chacune des moitiés se retire vers un pôle différent, et fera partie d'un noyau différent. Pour qu'il y eût parité, une moitié de chaque élément devrait donc appartenir au globule, et l'autre moitié à l'œuf; or cela n'est pas.

c) Ailleurs, les faits sont moins faciles à observer.

Considérons d'abord les cinèses de l'*Ophiostomum mucronatum*, FIG. **183** et suivantes.

A voir la FIG. **187**, on ne saurait trop dire si les deux groupes de six demi-bâtonnets dérivent chacun de trois bâtonnets primitifs, c'est-à-dire des bâtonnets antérieurs à la scission. Mais en examinant leur groupement dans divers œufs, on trouve qu'ils sont souvent placés deux à deux, comme dans la FIG. **196**; en rapprochant cette figure de la FIG. **197**, où la division transversale n'est pas achevée, on acquiert la conviction que chacun des groupes de la FIG. **187** représente les six moitiés de trois bâtonnets, et non les six moitiés des six bâtonnets primitifs. Trois de ceux-ci sont donc expulsés, et trois conservés; seulement ils sont représentés chacun par leurs demi-bâtonnets.

A la seconde cinèse les choses se compliquent davantage.

Après l'expulsion du premier globule les moitiés des bâtonnets s'allongent, s'enchevêtrent et, selon toute apparence, reforment un tout complexe qui donnera, comme la vésicule elle-même, une figure avec six bâtonnets dont il est impossible de déterminer les rapports avec ceux de la première figure. Trois de ces bâtonnets, avant ou après leur division, seront expulsés, et trois conservés. Dans ce cas, il faut se contenter de dire que la moitié des bâtonnets primitifs de chaque figure est rejetée. Si l'on voulait remonter jusqu'aux bâtonnets antérieurs de la première figure, on devrait admettre, en dernière analyse, qu'il y en a un et demi dans le globule et un et demi dans l'œuf; un bâtonnet au moins serait donc coupé en deux, contrairement à ce qui a lieu dans les espèces susmentionnées.

d) La loi que nous discutons s'applique plus difficilement encore à l'*Ascaris lombricoïdes*. Nous n'insisterons pas sur ce point; il a été suffisamment exposé plus haut, p. 43 et 44. Selon toute probabilité, les bâtonnets, ou les filaments, sont violemment rompus à l'équateur de la figure de séparation. S'il en était ainsi, il faudrait se borner à affirmer que les trois quarts de l'élément nucléinien de l'œuf sont éliminés avec les globules.

2° Lorsqu'aucune division n'intervient, il y a toujours la moitié moins

de bâtonnets dans la seconde figure que dans la première, et dans le second globule que dans le premier : témoins l'*Ascaris megalocephala*, l'*Ascaris* du chien, la *Spiroptera strumosa*, etc.

Mais, dans les espèces où se fait la division des bâtonnets, ce rapport peut changer.

Ainsi, si la division longitudinale, qui a lieu à l'issue de la seconde cinèse, se parfait avant la formation du second globule, ce dernier, *absolument parlant*, aura autant de bâtonnets que le premier, et il en restera autant dans l'œuf qu'après la première cinèse, FIG. **159**, **160**.

En outre, comme cette division peut s'achever à des moments différents sur les bâtonnets destinés à être expulsés, et sur ceux qui sont conservés, FIG. **160**, il en résulte que le rapport numérique entre ces deux sortes d'éléments est variable.

Il en est de même lorsque la division s'exécute au sein de la couronne équatoriale, à chacune des cinèses, comme chez l'*Ophiostomum*; on trouve alors le même nombre de bâtonnets dans chacune des figures et dans chacun des globules polaires. Néanmoins, ce nombre n'est pas nécessairement le même dans tous les globules; il peut être double, lorsque la seconde division s'y effectue, FIG. **187**, **190**. La même observation s'applique aux bâtonnets qui restent dans l'œuf, si l'on compare leur nombre absolu à celui des bâtonnets des globules polaires correspondants.

Remarques.

1° Dans la théorie de SEDGWICK MINOT, acceptée par plusieurs observateurs, les cellules ordinaires et l'œuf lui-même, sont hermaphrodites. Les globules polaires auraient pour but de rendre l'œuf femelle ,par le départ des éléments mâles(1). Du moment que l'on ne fixe pas le nombre relatif des éléments mâle et femelle de la vésicule, cette théorie n'est pas incompatible avec les faits qui sont consignés dans ce mémoire. Mais il n'en serait plus de même si l'on admettait, avec E. VAN BENEDEN, que ces éléments sont en nombre égal, et demeurent indépendants dans toutes les cellules et dans l'œuf(2). En effet, après le départ du premier globule, il ne peut plus alors rester dans l'œuf que des éléments femelles, car la moitié des bâtonnets est éliminée. Les choses devraient en rester là. Mais il en part deux nouveaux avec le second globule! Dans cette théorie, il est donc impossible d'admettre

(1) Voir notre *Mémoire sur l'Ascaris megalocephala*, p. 61 et suivantes.

(2) Ibidem, p. 63.

que les deux globules ont pour but d'éliminer le sexe mâle. Le second doit avoir une tout autre signification que le premier, et cela, non parce que la seconde figure diffère de la première, comme l'affirme E. Van Beneden, ce qui n'est pas(1), mais parce qu'il renferme des éléments femelles. Mais alors, pourquoi ceux-ci sont-ils rejetés? si les globules polaires ont pour but exclusif de donner à l'œuf le caractère sexuel femelle. Cette théorie ne peut se soutenir; ses partisans doivent reconnaître que les trois quarts des bâtonnets nucléiniens de l'œuf sont mâles, et un quart seulement femelles, ce qui est contraire à l'hypothèse qui leur sert de point de départ. Il en résulte qu'ils ne peuvent s'appuyer sur l'égalité numérique des éléments mâle et femelle, dans la première figure de segmentation, pour la soutenir et la défendre. Il faudrait, au contraire, pour appuyer leurs vues, que les trois quarts des bâtonnets de cette figure fussent de sexe mâle, ce qui est opposé à la réalité, comme nous le verrons bientôt, et comme ils l'admettent eux-mêmes.

2° D'ailleurs Weismann (2) a fait récemment connaître des faits qui paraissent être en opposition formelle avec la théorie de la sexualité, limitée aux seuls éléments nucléiniens. Il a observé, sur plusieurs crustacés cladocères, l'expulsion d'un globule polaire de leurs œufs parthénogénétiques. *Si les choses se passent chez ces animaux, comme chez la plupart des nématodes* (3), il faut admettre que la moitié des éléments nucléiniens a été expulsée avec ce globule. D'où il résulte que, pour les partisans de l'égalité numérique des éléments mâle et femelle dans les noyaux ordinaires et dans la vésicule germinative, il ne peut plus rester dans l'œuf que la partie femelle. Et, cependant, ce noyau unisexué, exclusivement femelle, va se segmenter *aussi bien qu'un noyau hermaphrodite*, et l'œuf qui le renferme produire un nouvel individu, au même titre qu'un œuf dont l'élément mâle expulsé a été remplacé par un élément mâle nouveau, celui du spermatozoïde.

On pourrait étendre plus loin ces considérations. Toutes les cellules des individus, issus de pareils œufs, auront nécessairement des noyaux de sexe exclusivement femelle; leurs œufs ne pourraient donc plus présenter de globules polaires. En outre, les individus eux-mêmes, seront dans l'impuissance radicale de former une seule cellule mâle, c'est-à-dire un seul spermatozoïde, et, à plus forte raison, de présenter le sexe mâle.

---

(1) Voir notre *Mémoire sur l'Ascaris megalocephala*, p. 45.

(2) A. Weismann : *Richtungskörper bei parthenogenetischen Eiern*; Zool. Anz., 27 sept., 1886, N° 233, p. 570.

(3) Voir plus haut, p. 57.

La valeur du raisonnement qui précède n'a pas échappé aux partisans de la théorie que nous critiquons. E. Van Beneden termine son mémoire sur l'*Ascaris megalocephala* par les paroles suivantes (1) : « Dans l'hypothèse de l'hermaphrodisme des cellules, la parthénogénèse s'expliquerait « si la formation des globules polaires faisait défaut ou bien si ces « éléments, après avoir pris naissance, s'unissaient de nouveau au gonocyte femelle. »

Or les globules polaires ne font pas défaut dans les œufs parthénogénétiques; ces éléments, après leur expulsion ne se réunissent pas au gonocyte femelle; les assertions de Weismann sont également formelles sur ce point. « Lorsqu'il s'est formé quatre cellules de segmentation, dit-il, le « globule se divise en deux cellules; celles-ci se désagrègent et sont résorbées. » On aurait pu se demander d'ailleurs, pourquoi l'œuf expulserait de son sein une portion qui doit y rentrer séance tenante.

On voit combien ces théories exclusives soulèvent d'incertitudes et d'impossibilités.

(1) E. Van Beneden, l. c. p. 622.

LA

CYTODIÉRÈSE

DE L'ŒUF

ÉTUDE COMPARÉE DU NOYAU ET DU PROTOPLASME

A L'ÉTAT QUIESCENT ET A L'ÉTAT CINÉTIQUE (*Seconde partie*)

La segmentation de l'œuf

chez les

NÉMATODES

PAR

LE CHANOINE J. B. CARNOY, PROFESSEUR DE BIOLOGIE CELLULAIRE ET DE BOTANIQUE,
A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN.

(*Mémoire déposé le* 15 *octobre* 1886.)

Pour achever l'exposé de nos recherches sur la diérèse des cellules animales, il nous reste à parler d'un dernier genre de division, de la segmentation consécutive à la fécondation.

Nous allons le faire brièvement, ce phénomène ne présentant rien de bien particulier, au point de vue de la cytodiérèse.

Le titre de notre travail indique assez qu'il n'entre nullement dans nos intentions de parler *ex professo* de la fécondation. Nous croyons, du reste, que le moment n'est pas venu de formuler une théorie plausible sur ce phénomène, obscur entre tous.

Nous devons nous borner aux phénomènes qui interviennent directement dans la division de l'œuf, et à quelques remarques suggérées par les faits eux-mêmes.

LA SEGMENTATION DE L'ŒUF

CHEZ LES NÉMATODES.

ARTICLE I.

LES FIGURES CINÉTIQUES.

La formation des figures cinétiques présente la plus grande analogie dans les diverses espèces, c'est pourquoi nous ne la suivrons pas dans chaque nématode en particulier, ce serait perdre notre temps; nous la décrirons seulement d'une manière générale.

A. La première figure.

Nous connaissons la manière dont les deux noyaux de conjugaison s'élaborent et s'achèvent; nous connaissons également leur constitution.

Or ces noyaux se portent peu à peu l'un vers l'autre. Tantôt c'est le noyau mâle qui progresse surtout vers le noyau femelle; tantôt c'est le contraire qui a lieu; tantôt, enfin, ils se réunissent au centre de l'œuf. Ensuite ils se fusionnent, ou bien ils continuent à rester indépendants jusqu'à l'avènement de la cinèse.

E. Van Beneden affirme que jamais les deux noyaux ne se fusionnent chez l'*Ascaris megalocephala*. Cette assertion nous paraît trop générale. Nous avons rencontré, dans une seule préparation, jusqu'à six exemples de fusion évidente des deux noyaux; nous en avons représenté un, fig. V, Pl. V. La manière dont s'opère cette union est fort simple : les deux noyaux se mettent en contact intime et leur membrane se résorbe à la surface de jonction. Avec les nouveaux objectifs de Zeiss il est impossible de se méprendre sur la réalité de cette fusion. En faisant monter et descendre

alternativement le tube du microscope, et en faisant rouler les œufs dans la préparation, on constate avec une entière certitude qu'il n'y a plus trace de membrane à l'intérieur du noyau. Dans certains cas, on peut suivre encore avec la plus grande facilité la ligne de suture circulaire des deux noyaux, mais alors on constate également que les deux caryoplasmes sont entièrement fusionnés. Nous avons observé le même fait chez le *Filaroïdes* du putois. Dans un tronçon d'ovaire, renfermant des œufs à ce stade, nous avons rencontré trois noyaux comme celui de la FIG. **239**, dans lequel les parties des membranes en contact s'étaient totalement résorbées. Bref, la fusion peut se faire chez les nématodes, avant que les premiers débuts de la cinèse ne se manifestent. Dans tous ces cas, il existe donc un noyau de segmentation.

Mais, hâtons-nous de l'ajouter, il n'en est pas toujours ainsi; au contraire, habituellement la cinèse commence avant que les noyaux ne se soient fusionnés(1). Si nous avons insisté sur certains cas de fusion que nous avons rencontrés, ç'a été uniquement pour prouver que le fait de la fusion ou de la non-fusion des noyaux, avant la cinèse, ne peut avoir aucune importance physiologique.

On pourrait se demander si les éléments nucléiniens sont confondus, lorsque la fusion des noyaux s'opère. Nous n'avons pu résoudre cette question. Chez le *Filaroïdes mustelarum*, les éléments des deux noyaux sont habituellement séparés. Cependant sur la FIG. **239** on ne pourrait affirmer qu'il en soit ainsi; les deux boyaux sont au contraire enchevêtrés, et ils auraient pu se fusionner. Dans les autres nématodes aucune image n'est venu nous rappeler cette fusion; elle doit donc être assez rare, si tant est qu'elle existe.

Quoi qu'il en soit, fusionnés, ou non, les noyaux de conjugaison entrent en cinèse.

Nous avons surtout étudié ce phénomène dans quatre espèces : la *Spiroptera strumosa*, la *Coronilla robusta*, le *Filaroïdes mustelarum* et l'*Ophiostomum mucronatum*. Voici les faits que nous avons observés.

Il existe un boyau pelotonné pour chaque noyau.

Ce boyau se scinde en tronçons dont le nombre est variable suivant les espèces, mais égal pour chacun d'eux.

---

(1) Plusieurs observateurs ont déjà signalé ce fait; MARK y a surtout insisté dans son travail bien connu sur la *Limax campestris*.

Entre-temps les deux noyaux se fusionnent, s'ils ne l'étaient déjà, non seulement l'un avec l'autre, mais avec le cytoplasme ovulaire.

Les tronçons nucléiniens se rangent à l'équateur du fuseau en couronne équatoriale, et y subissent la division longitudinale.

Les moitiés se retirent ensuite vers les extrémités du fuseau, pour y former les couronnes polaires.

Les nouveaux noyaux se reconstituent à la façon ordinaire.

Le fuseau et les asters sont très développés.

En résumé, tous ces phénomènes sont ceux de la cinèse habituelle; seulement il y a deux noyaux qui interviennent, lorsque leur fusion n'a pas eu lieu.

1° Nous avons représenté la forme pelotonnée, avant-coureur de la division, dans les FIG. **230**, **238**, **247** et **256**. On voit que cette forme est variable d'une espèce à l'autre, mais qu'elle est exactement la même dans les deux noyaux du même œuf; on ne pourrait, sous ce rapport, distinguer le noyau mâle du noyau femelle.

2° Bientôt cette forme se scinde en tronçons, FIG. **237**, **239**, **248**, **257** à **259**, **266**. Le nombre des tronçons est fixe pour chaque espèce, mais il varie de l'une à l'autre. Il est de seize dans les *Filaroïdes*, FIG. **237** et **239**, de douze dans la *Spiroptera*, FIG. **248**, de douze également dans l'*Ophiostomum*, FIG. **266**; enfin de huit seulement dans le nématode du *Scyllium*, FIG. **257** et suivantes.

De ce nombre la moitié appartient à chacun des noyaux(1); on peut s'en convaincre par les figures précédentes.

On voit qu'il n'y a pas de correspondance nécessaire entre le nombre des bâtonnets de la figure de segmentation (2), et celui des bâtonnets de la vésicule et de la première cinèse polaire. Il est double chez le filaroïde et l'ophiostome, et de moitié plus élevé dans la spiroptère; il est égal seulement chez la coronille.

La forme pelotonnée était semblable dans les deux noyaux de conjugaison; il en est de même des tronçons qui en proviennent : longueur, volume, forme générale, contours extérieurs, coloration par les réactifs, tous leurs caractères visibles, en un mot, sont identiques.

Les figures précédentes montrent que la scission de la forme pelotonnée se fait généralement avant la résolution des membranes nucléaires.

---

(1) E. VAN BENEDEN a constaté la même égalité chez l'*Ascaris megalocephala*.

(2) Il est assez difficile de compter exactement les éléments de cette figure, parce que, les œufs étant généralement couchés, les couronnes sont presque toujours vues de profil. Nous croyons cependant que les chiffres que nous venons de donner sont exacts.

3° Au moment de leur séparation, les tronçons sont très souvent éparpillés dans tout le caryoplasma; mais cet état dure peu. Ils se portent immédiatement vers les parties des noyaux, qui sont les plus rapprochées. Ce phénomène nous a frappé par sa généralité, FIG. **237**, **248**, **258**. Cependant il présente des exceptions; parfois les bâtonnets se rassemblent, ou restent au milieu des noyaux; on les trouve même aux pôles opposés, FIG. **238**.

4° Après la scission, et surtout après l'accumulation des bâtonnets sur un point déterminé, le réticulum plastinien des noyaux, complétement dégagé, se montre avec une grande netteté. On peut voir sur les FIG. **237**, **238**, **248** et surtout sur les FIG. **257** à **259** qu'il est très puissant. Ce détail pourrait avoir son importance; il n'a peut-être pas été assez remarqué par les observateurs.

5° La membrane du noyau est encore souvent intacte au stade précédent, FIG. **237**, **239**, **258**; cependant sa résolution peut commencer plus tôt, FIG. **238**, **248**. Ce phénomène ne nous paraît pas avoir de moment rigoureux. Lorsqu'il s'exécute la membrane devient plus granuleuse, ses trabécules semblent se briser par places, et elles finissent toujours par se fusionner avec celles du protoplasme. Après cette fusion, l'enchylème nucléaire peut se répandre librement et se mélanger intimement avec celui de l'œuf. Néanmoins le contenu du noyau conserve ses caractères et se distingue encore nettement du cytoplasme; ce n'est que peu à peu qu'il est envahi par ce dernier.

Nous avons donné une attention spéciale aux phénomènes qui se passent alors chez la spiroptère et surtout chez le nématode du *Scyllium*, parce que le réticulum caryoplasmatique y est fortement accentué. D'après nos observations, le réticulum nucléaire *ne se dissout pas dans l'œuf*; il persiste au contraire et se fusionne en un corps commun avec le réticulum du cytoplasme. Les FIG. **248** et **259** montrent cette transformation. On voit sur ces figures, surtout sur la dernière, les trabécules du noyau se modifier dans leur forme et s'orienter dans le sens des filaments protoplasmatiques qui y aboutissent, et qui présentent une disposition rayonnante beaucoup plus accentuée que d'ordinaire; il semble que le cytoplasme est déjà en activité. Les mêmes faits se constatent, avec moins de netteté, il est vrai, sur la FIG. **238** représentant la fusion du noyau chez le filaroïde du putois. On y voit également le réticulum grossier du noyau se transformer insensiblement en trabécules rayonnantes, qui se continuent avec celles de l'œuf.

Sur la FIG. **259**, il ne reste plus qu'une minime portion du réticulum nucléaire qui ne soit fusionnée ; bientôt sa transformation s'achèvera et les groupes nucléiniens seront, comme dans la FIG. **249**, plongés dans un protoplasme uniforme et homogène, mais de nature mixte.

Il n'est pas toujours aussi aisé de suivre cette transformation pas à pas. Elle se fait parfois plus brusquement, par exemple lorsque les asters apparaissent avant la fusion. Alors le protoplasme est en travail, les noyaux s'évanouissent et sont remplacés par le fuseau et la figure cinétique. Mais nous savons que le fuseau et les rayons des asters demeurent partie constituante du réticulum plasmatique(1). Le résultat final est donc le même.

Le lecteur aura remarqué que les phénomènes que nous venons de décrire sont ceux de toute cinèse ; qu'il veuille bien se rappeler en particulier ce que nous avons dit, à ce sujet, en esquissant la disparition de la vésicule chez l'*Ascaris megalocephala* (2).

6° Lorsque la fusion des noyaux n'a pas eu lieu avant la cinèse, elle se fait naturellement lors de leur fusion avec le cytoplasme, après la disparition de leur membrane. Tôt ou tard, les deux caryoplasmes, non seulement se mélangent, mais ne forment plus qu'un corps unique avec le plasma de l'œuf, ainsi que nous venons de le voir. Mais, quant aux éléments nucléiniens, ils restent toujours alors indépendants, si rapprochés qu'ils soient l'un de l'autre. Nous n'avons pas rencontré une seule exception. Il est vrai qu'à cette époque ils se sont déjà divisés en bâtonnets, en vue de la cinèse commencée.

7° En général les asters sont précoces. Il est assez rare, d'après nos observations, qu'ils apparaissent simultanément. Enfin, ils naissent habituellement entre les deux noyaux, vis-à-vis de leur point de jonction, de telle façon que le grand axe du fuseau futur, dont ils forment les pôles, se trouve perpendiculaire à la droite qui coïncide avec les diamètres des noyaux juxtaposés, ou à la droite qui réunit les groupes nucléiniens. Sur les FIG. **237** et **258**, il n'y a encore qu'un aster, situé entre les deux noyaux. Les membranes nucléaires sont encore intactes. Les asters occupent la position indiquée dans les FIG. **239** et **266** ; il en est de même sur les FIG. **240** et **250**, qui représentent un stade ultérieur, ainsi qu'on peut le constater par le groupement des éléments nucléiniens. L'apparition des asters est parfois plus tardive ; on n'en voit pas encore sur les FIG. **248**, **249** et **259**, qui sont cependant plus avancées que d'autres où ils existent.

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 347 et 352.

(2) *Mémoire précédent*, p 20 et 21, FIG. 13, 23 et 24.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que les asters, arrivés à leur plein développement, intéressent tout le réticulum plastinien de l'œuf. Ce phénomène a été traité assez longuement déjà, pour ne pas nous y étendre davantage (1). Ajoutons seulement qu'ils ne diffèrent par aucun caractère des asters des autres cellules en division.

8° Le fuseau, comme d'habitude, se forme entre les asters. Étant donnée la position constante de ces derniers, l'axe du fuseau est toujours perpendiculaire à la ligne qui joint les groupes nucléiniens. Nous avons vu que la même chose avait lieu dans les cinèses polaires (2). Ce fait n'est donc pas caractéristique pour la première figure de segmentation. Lorsque la fusion des noyaux a lieu antérieurement à la cinèse, le fuseau s'y ébauche parfois avant la disparition de la membrane, FIG. **239**. Quand elle a lieu au moment même de la cinèse et qu'elle s'achève avant l'apparition des asters, le fuseau s'élabore en même temps que les asters sur l'emplacement des noyaux, dans le protoplasme commun provenant de leur fusion; cela se voit d'une manière remarquable sur la FIG. **240**. Enfin lorsque les asters apparaissent de bonne heure dans le cytoplasme, comme le montrent les FIG. **237**, **258**, la résolution des noyaux et la formation du fuseau sont concomitantes, et l'on peut admettre que ce dernier dérive directement de la transformation du réticulum nucléaire.

Le fuseau est assez souvent dimidié, comme celui des cinèses polaires, mais dans une certaine mesure; il est assez rare de ne pas trouver des filaments répandus entre les deux moitiés. Celles-ci ne s'écartent pas davantage par la suite; elles semblent plutôt se rapprocher et, au stade de la couronne équatoriale, les deux groupes nucléiniens sont souvent plus ou moins contigus.

9° Nous arrivons aux mouvements de l'élément nucléinien et aux figures qu'ils déterminent.

D'après ce que nous venons de dire de la formation du fuseau, les groupes nucléiniens, provenant des deux noyaux sexuels, le plus souvent séparés, se trouvent à gauche et à droite de la figure dans la zone équatoriale; leurs bâtonnets n'ont plus qu'à s'ordonner en couronne, et c'est ce qui a lieu. Les FIG. **250**, **260** et **267** représentent ces couronnes vues de profil; les

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 347.

(2) Voir surtout p. 22 du *Mémoire précédent*.

bâtonnets en sont droits, ou légèrement courbés en dehors. On n'a dessiné que les éléments de l'hémisphère supérieur.

Sur la FIG. **241**, l'une d'elles est vue d'en haut; les seize bâtonnets qu'elle porte sont recourbés en U et tournent leurs branches vers l'extérieur. Cette couronne n'est pas dimidiée, celle de la FIG. **267** ne l'est pas davantage. Mais elle l'est nettement sur les deux autres figures; on y distingue encore les éléments qui ont appartenu à chacun des noyaux de conjugaison, et qui sont restés indépendants.

La division longitudinale ne tarde pas à s'effectuer au sein de la couronne. Sur la FIG. **267**, les bâtonnets jumeaux sont encore unis; tandis qu'ils sont tout à fait séparés sur la FIG. **261**. Les moitiés se retirent ensuite vers les pôles à la façon ordinaire, FIG. **242**, **243**, **252**, **262** et **268**. On voit sur toutes ces figures que les moitiés ne se tiennent jamais par leurs extrémités, elles se dégagent immédiatement en se mettant en mouvement, si elles n'étaient déjà libérées. Il en est tout autrement chez l'*Ascaris megalocephala*, d'après la description de E. VAN BENEDEN. Chez le *Filaroïdes mustelarum*, les bâtonnets arrivent aux pôles en masses serrées, parce qu'ils sont nombreux; mais dans les autres espèces ils forment souvent une couronne régulière, FIG. **253**, **264**, Leurs éléments rayonnent du centre à la périphérie; aussi n'aperçoit-on que leurs extrémités, lorsque les couronnes sont vues de profil : ce qui a lieu généralement, les œufs se trouvant presque toujours à plat dans les préparations.

Nous n'avons jamais observé le moindre indice d'une nouvelle division longitudinale dans les couronnes polaires; notre attention a été assez portée sur ce point pour que nous puissions affirmer que cette division n'existe pas chez les nématodes que nous avons étudiés (1).

10° Bientôt les couronnes perdent de leur régularité, le protoplasme commun qui les entoure s'éclaircit et se limite par une membrane; les nouveaux noyaux sont reconstitués, FIG. **269**. Ce phénomène s'exécute exactement comme à l'issue de toute cinèse; nous n'avons plus à revenir sur ce point (2). Le caryoplasme réticulé des jeunes noyaux est donc de nature mixte, aussi bien que leur élément nucléinien.

Ce dernier lui-même se reforme peu à peu, et reprend l'aspect d'un filament pelotonné ou, si l'on veut, d'un réticulum dont les allures varient d'espèce à espèce; témoins les FIG. **244**, **245**, **254**, **263**, **264** et **270**.

(1) E. VAN BENEDEN croit avoir remarqué certains indices de cette division chez l'*Ascaris megalocephala*.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 350.

Le facies de ces premiers noyaux de segmentation reproduit celui des noyaux de conjugaison. Ce fait est surtout frappant chez le filaroïde du putois, à cause du grand nombre des anses nucléiniennes, FIG. **236**, **244** et **245**.

A mesure que le noyau se développe et augmente en volume, les anses se multiplient. Nulle part nous n'avons trouvé un exemple plus démonstratif de ce fait que dans le même nématode. Pour s'en convaincre, le lecteur voudra bien comparer les noyaux à peine reconstitués de la FIG. **244** avec les noyaux plus avancés, mais encore très jeunes, de la FIG. **245**.

Dans tous les noyaux, ainsi reformés, nous avons constaté la présence d'un filament nucléinien, *en apparence continu*. En est-il ainsi en réalité? Ou bien les éléments des noyaux mâle et femelle y demeurent-ils distincts, comme ils le sont dans la première figure de segmentation? C'est là une question difficile à trancher avec certitude par l'observation des premiers noyaux des nématodes. Dans tous les cas, on ne saurait prouver qu'ils restent distincts. En ce qui nous concerne, nous croyons à l'existence assez générale d'une union intime entre tous les éléments des couronnes polaires dans les deux premiers noyaux de segmentation, aussi bien que dans les noyaux ordinaires dont ils ne se distinguent par aucun caractère. Il semble d'ailleurs incontestable que le boyau est continu dans une foule de noyaux des tissus les plus divers des arthropodes. Les observateurs admettent en général, du moins implicitement, la même continuité dans la forme pelotonnée de FLEMMING, au début de la cinèse. S'il en est ainsi, il faut reconnaître que, tôt ou tard, la fusion des éléments mâle et femelle *peut s'effectuer* et, dès lors, on ne peut attacher trop d'importance à leur séparation dans la première couronne.

D'ailleurs cette séparation se conçoit; on pourrait même dire qu'elle existe fatalement, lorsque la cinèse s'exécute à l'aide de deux noyaux encore distincts. En effet ceux-ci entrent en mouvement séparément, et leur forme pelotonnée se scinde avant de s'être unie, FIG. **237**, **257**, etc. Or, à partir de ce moment, leur réunion est impossible, comme dans toute cinèse. Car la scission de la forme pelotonnée a lieu précisément pour que les phénomènes de la cinèse puissent s'exécuter. La fusion des tronçons ne pourra s'effectuer que pendant la reformation des noyaux nouveaux. C'est donc à ces noyaux qu'il faut recourir pour la constater. Pour trancher définitivement cette question, il faudrait rencontrer un objet favorable à l'observation : par exemple, un œuf dont la forme pelotonnée des deux premiers noyaux fût épaisse, à anses peu nombreuses et convenablement écartées.

Avant d'abandonner la première figure de segmentation, mentionnons encore la FIG. **251**. Nous l'avons rencontrée plusieurs fois, mais seulement chez la spiroptère de la taupe. La figure cinétique est ternaire dans toutes ses parties : elle a trois asters, trois fuseaux, trois couronnes équatoriales se touchant au centre, et dont les bâtonnets ont vraisemblablement subi déjà la division longitudinale. Des figures semblables ont déjà été mentionnées par plusieurs observateurs (1). Ces figures sont évidemment anormales chez la spiroptère. Nous croyons qu'elles résultent de la fusion de plusieurs noyaux mâles avec le noyau femelle; en effet nous avons assez souvent rencontré chez les nématodes, mais surtout dans cette espèce, trois ou quatre noyaux de conjugaison.

Remarques.

1° L'égalité numérique des bâtonnets nucléiniens, dans le noyau mâle et le noyau femelle des nématodes précédents (2), aura frappé le lecteur. Si ce fait venait à se généraliser, on pourrait en tirer des conclusions importantes concernant le rôle de l'élément nucléinien dans la fécondation (3). Malheureusement les recherches précises et étendues font encore défaut sur ce point délicat. Le travail récent de PLATNER sur la fécondation de l'*Arion empiricorum* (4) est cependant de nature à jeter du jour sur cette question. Si les observations de ce savant sont exactes, l'égalité qui se remarque chez les nématodes n'aurait pas toute la valeur qu'on serait tenté de lui attribuer. En effet, dans ce gastéropode, les éléments nucléiniens apportés par le spermatozoïde sont loin d'égaler en nombre ceux du noyau ovulaire; on pourrait presque dire qu'ils occupent une place insignifiante dans la figure de segmentation. On doit tenir compte de cette observation, car un seul fait semblable, bien constaté, suffirait pour saper par la base toute théorie de la fécondation reposant sur l'égalité numérique des éléments nucléiniens mâle et femelle (5). En biologie, les théories exclusives, appuyées sur des faits trop peu nombreux, sont renversées au moindre souffle.

(1) Nous renvoyons le lecteur au travail de J. DENYS sur les cellules de la moelle. (La Cellule, t. II, fasc. II, p. 240); il y trouvera, Pl. II, les exemples les plus curieux de couronnes multiples *normales*, au nombre de 20 à 40, et plus, dans les cellules géantes.

(2) E. VAN BENEDEN a constaté la même égalité chez l'ascaride du cheval.

(3) Voir nos observations à ce sujet, au *Mémoire précédent*, p. 61 à 64.

(4) G. PLATNER : *Ueber die Befruchtung bei Arion empiricorum*; Archiv f. mik. Anat., 1886, t. XXVII, p. 32, PL. V, fig. 11 et 12 principalement.

(5) Ce que nous disons de l'élément nucléinien, il faut le dire également des noyaux de conjugaison. Tandis que, d'après MARK, ces noyaux sont égaux dans la *Limax campestris*, ils sont, d'après PLATNER très inégaux dans l'*Arion*; ces deux gastéropodes sont cependant très voisins.

2° Nous avons décrit tout à l'heure la fusion des noyaux de conjugaison avec le cytoplasme ovulaire. De ces deux noyaux, l'un participe de la nature de l'œuf, c'est le noyau ovulaire; l'autre possède les propriétés du père, c'est le noyau spermatique. Or, s'il est vrai que ce dernier se fusionne avec la partie essentielle de l'œuf, le réticulum plastinien, de façon à ne plus former avec lui qu'un tout homogène et, pour ainsi dire, un seul principe d'action, il est tout naturel d'admettre qu'il lui communique ses propriétés et qu'il fait de l'œuf un être organique mixte, participant désormais des qualités du père autant que de celles de la mère.

Ainsi, disons-le en passant, il n'est pas indispensable, en ce qui concerne les nématodes, de recourir exclusivement aux bâtonnets de nucléine pour trouver la clef de cette transformation mystérieuse de l'œuf, qu'on appelle la fécondation.

B. Les figures subséquentes.

Il est à peine besoin de les mentionner, car elles sont la copie exacte de celles que nous venons de décrire, à part ce détail qu'elles dérivent d'un seul noyau. L'aspect du peloton initial et des tronçons qui en résultent, le nombre, les dimensions et les allures de ces derniers, le facies des couronnes, des fuseaux et des asters, le mode de division longitudinale et de retour vers les pôles, la facture des noyaux nouveaux, tout dans ces figures rappelle celles de la première segmentation. C'est pourquoi nous avons cru inutile de les faire reproduire par la gravure.

Nous appellerons seulement l'attention sur la FIG. **246** d'une part, et sur les FIG. **271** et **272** de l'autre.

1° La FIG. **246** représente le mode particulier de formation des figures que nous avons désigné sous le nom de scission parallèle. Ces sortes de figures ne sont pas communes chez les nématodes; nous les avons remarquées seulement sur cinq ou six jeunes embryons de *Filaroïdes mustelarum*.

La première étape de ce mode est reproduite en *a*. Le noyau, encore muni de sa membrane, montre que toutes les anses de la forme pelotonnée sont parallèles et dirigées dans le sens de l'axe organique du noyau, indiqué par les deux asters qui commencent à poindre à ses extrémités. La plupart de ces anses sont périphériques; on en compte huit environ sur l'hémisphère supérieur, au total seize : chiffre normal des bâtonnets dans cette espèce. Dans les étapes suivantes, les anses restent orientées; elles ne font que s'épaissir en se raccourcissant vers l'équateur, pour former la couronne équatoriale de la cellule *b*. On voit que cette couronne a un facies spécial,

entièrement différent de celui des couronnes ordinaires, lorsqu'elles sont vues également de profil. La couronne subit ensuite la division longitudinale; cette division s'indique en *b*. Enfin, les demi-bâtonnets se séparent et retournent vers les pôles, *c*. Cette figure a aussi un aspect particulier. Tels sont les faits que nous avons observés.

Si l'on ne rencontrait que la FIG. *a*, on pourrait croire que l'on a devant soi le tonnelet figuré par E. VAN BENEDEN (1) : ce tonnelet serait formé par le retour vers les pôles des éléments de la couronne, qui restent attachés par leurs bouts à l'équateur. Nous sommes loin de contester qu'il en soit ainsi chez l'ascaride du cheval. Mais les filaments d'un pareil tonneau, au lieu de se détacher des pôles et de revenir à l'équateur pour fournir une couronne équatoriale, vont au contraire se scinder à l'équateur et se retirer vers les pôles en formant les deux couronnes habituelles. Loin d'être identiques, notre figure et celle de E. VAN BENEDEN sont donc diamétralement opposées : la nôtre marque les initiales de la cinèse, la sienne une des ses dernières étapes. D'ailleurs, il ne manque pas de noyaux au repos qui présentent exactement la même figure. Celle-ci pourrait être produite aussi au début de la cinèse. Il suffirait de supposer, par exemple, que les moitiés des douze bâtonnets de la FIG. **271** se séparent par leur milieu en restant unies par leurs extrémités, et que le soulèvement des anses jumelles a lieu régulièrement vers les deux pôles organiques du noyau, ou du fuseau. Mais cette supposition ne serait pas normalement applicable à notre figure *a*. Car, chez le filaroïde, les tronçons résultant de la forme pelotonnée sont longs et minces, et ils s'acheminent dans cet état vers l'équateur pour s'y épaissir; jamais ils ne portent le moindre indice de division avant l'étape de la couronne équatoriale. Ce n'est que par l'ensemble des circonstances qui entourent ces figures douteuses que l'on peut en déterminer la nature; il ne serait permis en aucun cas de conclure de leur similitude à leur identité.

2° Les FIG. **271** et **272** marquent une autre particularité beaucoup plus curieuse. Dans la première, on aperçoit un noyau ordinaire, encore muni de sa membrane, dans lequel non seulement la scission de la forme pelotonnée s'est faite, mais la division longitudinale elle-même s'est achevée. Nous avons rencontré une dizaine de noyaux semblables chez l'*Ophiostomum mucronatum*. Ce fait ne nous a pas trop étonné, car, à l'inverse de ce qui a lieu chez le *Filaroïdes mustelarum*, la forme pelotonnée est

(1) E. VAN BENEDEN : l. c., Pl. XIX^tor, FIG. 15.

épaisse et se scinde de bonne heure en douze tronçons trapus, sur lesquels on aperçoit immédiatement des signes de division; on conçoit donc que celle-ci s'achève çà et là avant la formation de la figure. Le fait est qu'il en est ainsi dans la figure précitée. La cinèse survenant, les bâtonnets, d'abord répandus dans tout le noyau, s'acheminent vers l'équateur, comme d'habitude, pour y former une couronne de vingt-quatre bâtonnets. Nous croyons avoir vu deux de ces couronnes. Qu'arrive-t-il ensuite? Les bâtonnets subissent-ils une nouvelle division longitudinale, avant de retourner vers les pôles? Nous ne le pensons pas, pour cette unique raison que, malgré nos recherches, nous n'avons pu trouver une seule figure où il y eût plus de douze bâtonnets en retour de chaque côté vers les pôles, ou une couronne polaire assez fournie pour que l'on pût songer à la présence de vingt-quatre bâtonnets. Nous croyons donc qu'aucune division ne survient alors à l'équateur, et que la moitié des bâtonnets de la couronne se retire simplement vers chacun des pôles. Ne trouverait-on pas dans ce fait l'explication de ces cas de dislocation des couronnes équatoriales sans division préalable, que nous avons signalés à plusieurs reprises dans les cellules testiculaires des arthropodes, et dont la réalité, pour nous, n'est pas douteuse? Nous le croirions volontiers, mais il faudrait s'en assurer par l'observation directe.

Quoi qu'il en soit, l'existence de cette division longitudinale avant toute trace de figure est certaine; elle montre, une fois de plus, que la science n'en a pas fini avec les variations que la cinèse peut présenter.

ARTICLE II.

LA SEGMENTATION DE L'ŒUF ET DES PREMIÈRES CELLULES EMBRYONNAIRES :

Pl. VII, fig. **232** à **235**; Pl. VIII, fig. **245** et **246**, **253** à **255**, **263** à **265**, **269** à **272**.

Les phénomènes de la segmentation chez tous les nématodes que nous avons étudiés peuvent se résumer avec simplicité dans les deux lois suivantes :

1° *Chez les nématodes, la segmentation se fait exclusivement à l'aide d'une plaque cellulaire, comme chez les végétaux* (1).

2° *L'étranglement qui peut s'y marquer est de formation secondaire; il dérive du dédoublement de la plaque.*

Ces deux lois sont le résultat direct de l'observation. Elles sont générales. Nos figures en fournissent la preuve surabondante; on peut en effet y suivre pas à pas toutes les phases de la formation de la plaque et de son dédoublement consécutif et éventuel.

A. Établissement de la plaque cellulaire.

1° Considérons d'abord les FIG. **234**, **253** et **264**, qui sont tirées de trois nématodes différents : l'*Ascaris megalocephala*, la *Spiroptera strumosa* et la *Coronilla robusta*. Ces trois figures sont identiques. Sur les deux premières on voit la plaque commencer à la périphérie, contre la membrane plasmatique ou membrane de MOHL, et s'avancer graduellement vers le centre de l'œuf, encore vierge de toute espèce d'étranglement. Le même phénomène se produit sur la cellule supérieure de l'œuf de la FIG. **264**, à la seconde segmentation; seulement la plaque m'' s'établit, d'un côté contre la membrane ovulaire, de l'autre contre la première plaque m' qui a divisé l'œuf en deux cellules. On peut voir sur cette figure que la plaque est d'autant

(1) Nous avons tracé l'historique de la découverte de la plaque cellulaire chez les animaux dans la *Cytodiérèse des arthropodes*, p. 372 et suivantes.

plus large qu'elle est plus ancienne, et en même temps qu'elle s'épaissit et s'affermit très rapidement. De pareilles images sont communes chez tous les nématodes. Les trois figures que nous analysons montrent clairement que c'est dans le fuseau cinétique que la plaque s'établit en dernier lieu; il n'y a pas, à proprement parler, de plaque fusoriale (1). Dans aucun cas, nous n'avons vu la plaque séparatrice commencer dans le fuseau, ainsi que cela a lieu si fréquemment dans les cellules testiculaires des arthropodes (2) et dans celles des végétaux. Au début, la plaque est donc toujours marginale; elle rappelle celle des *Spirogyra* et d'autres algues filamenteuses : nouveau point de rapprochement entre la cellule animale et la cellule végétale, que nous n'avions pu constater jusqu'ici (3). Arrivée au fuseau, la plaque l'envahit et le coupe en deux, FIG. **232**, **235**, **245**, **254**, **263** et **269**; la plasmodiérèse est alors achevée, et l'œuf est devenu bicellulaire.

2° Le moment de l'apparition de la plaque est variable. Sur les œufs de l'*Ascaris megalocephala* qui continuent à vivre dans l'alcool, on peut constater que la plaque apparaît déjà vers le stade de la couronne équatoriale, ou un peu après; nous y avons en effet rencontré assez fréquemment la FIG. **234**. Dans presque toutes les espèces les plaques marginales sont nettement visibles au stade des couronnes polaires, FIG. **253** et **264**, et elles sont souvent complètes avant que les nouveaux noyaux ne soient reformés : témoins les FIG. **235** et **269**. Seul, le *Filaroïdes mustelarum* nous a paru faire exception. Ainsi, sur la FIG. **244**, où les noyaux sont déjà achevés et entourés de leur membrane, on n'aperçoit encore aucune trace de plaque; c'est seulement lorsque les noyaux ont acquis un développement considérable que la scission se manifeste. On pourrait peut-être donner la raison de cette exception. Dans cette espèce, la figure est presque toujours oblique, voire même perpendiculaire au grand axe de l'œuf, ainsi qu'on peut le constater sur nos dessins. Cependant la division doit se faire perpendiculairement à cet axe. Il en résulte que le fuseau, avec ses deux couronnes polaires ou ses deux jeunes noyaux, doit exécuter un mouvement qui est parfois de 90°; ce mouvement est bien indiqué sur la FIG. **244**. Il faut donc un certain temps pour que le fuseau devienne parallèle au grand axe, FIG. **245**, et que la plaque puisse s'établir dans la position qu'elle doit occuper. Cette

(1) Voir, pour le sens de ces expressions, *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 375 et 386.

(2) Ibidem, p. 380. — Il va sans dire que nous ne nions pas la possibilité de l'existence d'une plaque fusoriale.

(3) Ibidem, p. 379.

rotation de la figure est un phénomène assez curieux. Nous l'avons surtout observée dans cette espèce; elle est moins fréquente chez les autres, ou elle s'y fait beaucoup plus tôt ou plus rapidement.

3° En ce qui concerne le mode de formation et la constitution intime de la plaque cellulaire, nous avons peu de chose à ajouter à ce que nous avons dit antérieurement sur ce double sujet (1). Cependant ces phénomènes sont mieux marqués chez les nématodes et leur étude y est plus commode.

En coupe optique, la plaque se montre d'abord sous la forme de petits granules brillants, alignés radialement. Il est difficile de distinguer les premiers de ces granules, qui apparaissent contre la membrane, des autres granules du cytoplasme. Néanmoins il est relativement aisé d'assister au premier début de la plaque, parce que le cytoplasme s'éclaircit généralement à l'endroit où elle se forme, et parce que les granules qui la constituent sont serrés et disposés régulièrement les uns à côté des autres, tandis que ceux de l'enchylème sont dispersés sans ordre. Ensuite ceux qui ont apparu en premier lieu s'épaississent très tôt et s'allongent perpendiculairement à la direction de la plaque; ces détails se voient en m'', FIG. **264**. Un examen attentif fait découvrir une autre particularité. Des deux extrémités des granules s'échappe un filament d'une excessive minceur, qui va se perdre dans le cytoplasme.

La plaque fait l'impression de la strie transversale des fibres musculaires; elle en présente d'ailleurs la structure. Les granules qui la constituent sont reliés transversalement, et de chacun d'eux s'élancent de très minces filaments longitudinaux; ils représentent donc le point d'intersection des trabécules croisées. Lorsqu'on la voit obliquement, ou à plat, elle présente également des *champs de Cohnheim* (2) qui sont les mailles du réseau, limitées par les trabécules; seulement ces champs sont très petits, les granules s'y touchent pour ainsi dire.

Il faut donc admettre que, dans la zone médiane où viennent se rencontrer les filaments des asters, il se fait un travail qui a pour but d'y multiplier les trabécules croisant ces filaments et les reliant tous entre eux pour en former un réseau serré. Comme d'ordinaire, il se marque un épaississement aux points de jonction de toutes les trabécules; telle est l'origine et la signification des granules alignés de la plaque cellulaire.

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 239 et suivantes, p. 379.

(2) A. VAN GEHUCHTEN : *Étude sur la structure intime de la cellule musculaire striée*; La Cellule, t. II, 2e fasc., p. 386 et 387.

En résumé, la plaque présente l'aspect et la constitution des jeunes membranes cellulaires, par exemple des membranes m'' des FIG. **273** et **275**.

Au moment où la plaque se transforme en membrane, tous ses éléments s'épaississent; on peut admettre que l'enchylème, qui remplit ses mailles, se solidifie et se transforme en plastine ou en une autre substance réfractaire. Le fait est que les plaques bien formées sont très résistantes vis-à-vis des dissolvants des albuminoïdes ordinaires, à l'instar de la membrane plastinienne de l'œuf, ou de la membrane de MOHL.

B. Dédoublement de la plaque.

Une fois la plaque établie, elle peut se comporter de deux manières différentes :

1° Elle reste telle, sous la forme de membrane commune aux deux cellules qu'elle sépare, comme la membrane primaire des tissus végétaux : m', FIG. **264**, m', m'', m''', FIG. **265**. Il n'y a pas alors de dédoublement de la plaque et, conséquemment, pas d'étranglement. Ce cas est général, ou à peu près, chez la spiroptère et le nématode de la roussette; il est aussi très fréquent chez le filaroïde et l'ophiostome; cependant on voit assez souvent, çà et là, un commencement de dédoublement dans ces deux dernières espèces FIG. **246** et **270**. Ainsi, il faut admettre que, dans tous les nématodes précités, les cellules des premières générations restent habituellement unies par leurs plaques cellulaires; ce fait se constate d'ailleurs sur les diverses figures de la PL. VIII.

2° Il en est autrement chez l'*Ascaris megalocephala* et chez l'*Ascaris* du chien. Dans ces deux espèces, la plaque se dédouble. Elle se dédouble souvent très tôt, et dans toute son étendue; les premières cellules embryonnaires sont donc libérées. La FIG. **233**, PL. VII indique le commencement de ce dédoublement. Cette figure est de nature à en imposer; à la voir, on croirait qu'il s'est fait un étranglement périphérique. Il n'en est rien cependant. En examinant attentivement les préparations des deux *Ascaris* susmentionnés, on constate *toujours* que la plaque s'établit originairement contre la membrane de l'œuf et s'avance ensuite progressivement vers la figure cinétique qu'elle finit par traverser, FIG. **234** et **235**. Nous n'avons observé aucun cas d'étranglement avant l'établissement de la plaque cellulaire dans la zone marginale; le sillon est constamment en connexion directe avec la nouvelle cloison intérieure. Ces faits sont aisés à constater; ils prouvent que l'étranglement n'est qu'apparent et résulte du clivage de la plaque cellulaire.

Nous avons dit que ce clivage se fait parfois très tôt. Ainsi chez l'*Ascaris megalocephala*, la plaque peut commencer à se dédoubler avant qu'elle ne soit complète, c'est-à-dire avant qu'elle ne traverse le centre de l'œuf. C'est là sans doute ce qui a induit notre collègue de Liège en erreur. Pour lui, en effet « La zone équatoriale s'étrangle à son milieu et « donne lieu à la formation d'un sillon circulaire transversal » et, un peu « plus loin, il ajoute : « La division s'accomplit donc par un double pro- « cessus : un phénomène d'étranglement progressif qui n'atteint que la partie « corticale du vitellus, et un processus de différenciation dans l'épaisseur « de la masse d'origine nucléaire..... »

D'après nos observations, cet étranglement progressif n'est pas réel; il résulte du dédoublement pur et simple de la plaque. D'ailleurs la description et les figures de E. Van Beneden(1) ne donnent qu'une idée vague et bien imparfaite du phénomène de la segmentation. En effet la ligne de séparation des deux plaques, dont il parle, c'est la plaque elle-même; les deux larges plaques, situées de part et d'autre de cette ligne, ce ne sont pas des plaques, ce sont les lisérés hyalins du protoplasme ovulaire qui bordent la plaque elle-même, et qui sont légèrement indiqués sur nos FIG. **232** à **235** et **269**. E. Van Beneden n'a donc pas vu la plaque véritable. Les deux plaques adjacentes qu'il mentionne ne répondent pas d'ailleurs dans leur ensemble, comme il l'affirme, à la plaque cellulaire de Strasburger. La plaque de Strasburger correspond exactement à celle que nous avons décrite; elle est toujours simple à l'origine, elle est double seulement après son clivage.

Des observations qui précèdent nous pouvons conclure avec certitude que la segmentation s'opère, chez les nématodes que nous avons observés, comme dans les tissus des végétaux, c'est-à-dire par l'intervention exclusive d'une plaque cellulaire. Le clivage de cette plaque peut occasionner un étranglement apparent, à cause, sans doute, de la tendance des cellules à prendre la forme sphérique, qui semble commandée par les forces intérieures; cette tendance se manifeste d'ailleurs également dans les plantes.

(1) E. Van Beneden : l. c., p. 563 et 564, Pl. XIX^{ter}, fig. 10 à 13.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Nous sommes arrivé au terme de nos études sur la diérèse des cellules animales.

I.

Dans la *Première Partie*, nous avons fouillé un embranchement tout entier, celui des *arthropodes*.

Les phénomènes caryocinétiques y étaient inconnus, ou avaient à peine été effleurés chez un très petit nombre d'animaux (1). Aucun auteur ne s'était non plus occupé sérieusement de leur plasmodiérèse; personne n'y avait signalé l'existence d'une plaque cellulaire (2).

I. En parcourant les divers tissus fixes et adultes des arthropodes nous y avons découvert la *sténose* (3). A cette occasion nous avons montré pour la première fois que ce mode de division peut s'effectuer à l'aide d'une *plaque cellulaire*, à l'instar de ce qui se voit dans certains tissus végétaux (4).

II. Parmi les tissus en activité nous avons surtout étudié le contenu testiculaire, et nous sommes arrivé aux résultats généraux suivants :

1° La division cinétique existe dans tous les groupes d'arthropodes, mais elle présente, dans les cellules testiculaires, des allures particulières et des variations importantes qui l'éloignent, à plusieurs égards, du schéma général de Flemming, quelle que soit d'ailleurs l'interprétation ou la signification que l'avenir réserve aux faits que nous avons fait connaître.

2° C'est dans les cellules testiculaires qne nous avons découvert les figures ouvertes ou dimidiées. Nous en avons donné l'explication, et nous avons montré que les couronnes polaires s'y forment dans une direction diamétralement opposée à l'axe principal du fuseau primitif (5).

Ces premières données ont été étendues dans une large mesure, et complétées par nos recherches sur les figures cinétiques de l'œuf des nématodes (6).

Nous avons pu signaler alors un autre phénomène non moins singulier, celui de la rupture variée de ces figures ouvertes.

---

(1) Voir l'historique tracé dans *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 245 à 250.

(2) Ibidem, p. 374.

(3) L'état de la science concernant l'existence de la *division directe* du protoplasme ou plasmosténose a été indiqué aux p. 226 et 227 de *La Cytodiérèse chez les arthropodes*.

(4) Ibidem, p. 238 à 244.

(5) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 259 et 260, Pl. II, fig. 39 à 44.

(6) Voir surtout notre *Mémoire sur l'Ascaris megalocephala*, p. 22 à 27, 45 à 49, et les nombreuses figures qui y sont indiquées. — Voir aussi plus haut, p. 8, 22, 28, 45, etc.

Cette étude nous paraît constituer un chapitre important et l'un des plus intéressants de l'histoire si curieuse de la diérèse cinétique; on ne pourra se dispenser d'en tenir compte dans une théorie générale de la cinèse.

3° La sténose y existe également, du moins chez les crustacés : *a*) dans le testicule au repos, et avant que la cinèse n'envahisse les cellules testiculaires; *b*) dans des éléments particuliers, par exemple dans le plasmodium pariétal où la cinèse n'apparaît pas (1). *c*) Enfin, chez certains animaux, et peut-être sous l'influence de certaines circonstances, la cinèse, avons-nous dit, subit des dégradations qui la rapprochent insensiblement de la sténose. C'est donc avec raison, que nous avons tiré de cette étude la conclusion que la sténose existe normalement chez les arthropodes, et que : « *dans le « testicule, la division directe peut s'exercer concurremment, ou successive- « ment, et alterner avec la division indirecte* (2). »

4° Entre la cinèse totale et la sténose nous avons établi une catégorie intermédiaire de divisions, celle des cinèses imparfaites ou *intérieures* (3). L'existence normale de ces figures chez certains nématodes apporte un nouvel appui à cette manière de voir (4).

III. La plasmodiérèse des cellules testiculaires a été de notre part l'objet d'une attention particulière. Nous avons montré qu'elle se fait de trois manières :

a) A l'aide d'une plaque cellulaire;

b) Au moyen d'un étranglement;

c) Par les deux modes à la fois (5).

A cette occasion, nous avons fait une étude approfondie de la plaque cellulaire, surtout de la plaque fusoriale; nous avons insisté sur les diverses destinées de cette dernière et sur le rôle qu'elle joue dans la division (6).

II.

Dans la *Seconde Partie* nous avons consigné les résultats de nos recherches sur un autre groupe d'animaux, celui des nématodes. Depuis long-

(1) Voir Gilson : *Étude comparée de la spermatogénèse chez les arthropodes;* La Cellule, t. II, 1r fasc., pp. 90, 105, 110 et 130. Ses résultats sont conformes aux nôtres.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes,* p. 244.

(3) *La Cytodiérèse chez les arthropodes,* p. 410.

(4) Voir plus haut, p. 30 à 44.

(5) *La Cytodiérèse chez les arthropodes,* p. 393.

(6) Ibidem, p. 375 à 395.

temps (1), ce groupe nous avait en effet paru favorable à l'étude d'un dernier genre de cellules, que nous devions rencontrer en parcourant le cycle de la diérèse chez les animaux : nous voulons parler des œufs et des cellules embryonnaires; les cinèses polaires et la segmentation de l'œuf constituent en effet un chapitre important de la division cellulaire.

Or, cette étude nous a conduit à des conclusions différentes de celles qui ont été formulées par M. Nussbaum et E. Van Beneden, à la suite de leurs observations sur l'*Ascaris megalocephala* et à des résultats différents également de ceux qui ont été obtenus par les savants chez d'autres animaux. En voici le résumé, déjà connu du lecteur (2).

1° Les deux cinèses polaires, variables d'une espèce à l'autre, sont constantes et identiques pour chacune d'elles; elles sont totales ou intérieures.

2° En général, les figures sont dimidiées; il n'y a pas de couronnes polaires véritables. Les figures disparaissent toujours avant la formation des globules.

3° La division équatoriale a lieu parfois, mais elle fait le plus souvent défaut.

4° Nous avons découvert l'existence de la division longitudinale dans presque toutes les espèces.

Cette division ne se fait jamais dans la figure cinétique. Tantôt il y en a deux, une à la fin de chaque cinèse; tantôt il y en a une seulement.

Celle-ci a lieu avant la formation du second globule, ou, le plus souvent, après l'expulsion de ce dernier, au sein même du noyau femelle déjà reformé.

5° Les cinèses polaires sont variables; mais leurs variations rentrent dans le cadre des variations de la cinèse ordinaire, surtout de la cinèse des cellules testiculaires.

6° En général, les trois quarts des éléments nucléiniens primitifs de la vésicule sont expulsés avec les deux globules, tels qu'ils étaient auparavant (3) et sans subir de modification. Aucune division des bâtonnets n'intervient dans l'acte même de leur expulsion, si ce n'est peut-être chez l'*Ascaris lombricoïdes*.

7° Le fuseau de séparation, dont nous avons d'abord signalé la présence chez l'*Ascaris megalocephala*, existe chez tous les nématodes.

---

(1) *Prospectus de la Biologie*, 8 avril, 1883.

(2) Voir plus haut les conclusions générales, p. 52 à 62.

(3) Voir plus haut, p. 56.

Chez tous, l'œuf subit pendant la formation du globule, une plasmodiérèse inégale, à l'aide d'une plaque cellulaire établie dans ce fuseau.

Les globules sont donc des cellules.

8° Nous avons constaté, pour la première fois, la division longitudinale des bâtonnets du noyau mâle, au sein de l'œuf, et en dehors de toute cinèse.

9° L'élément nucléinien se reconstitue à l'aide des nouveaux bâtonnets dans les deux noyaux de conjugaison.

10° La première figure de segmentation (1) est une figure cinétique ordinaire, seulement elle résulte de la fusion de deux noyaux. Chacun des noyaux fournit à la figure le même nombre de bâtonnets, mais on ne peut se fonder exclusivement sur cette dualité pour établir une théorie de la fécondation.

11° Il n'y a pas de correspondance obligée entre le nombre des bâtonnets de cette figure et celui des bâtonnets de la vésicule ou des figures polaires.

12° Les figures subséquentes (2) sont identiques à la première, cependant on trouve çà et là des variations importantes, surtout en ce qui concerne la division longitudinale.

13° La plasmodiérèse de l'œuf et des cellules embryonnaires s'exécute toujours, chez les nématodes, à l'aide d'une plaque cellulaire; l'étranglement, qui s'y fait éventuellement, résulte du dédoublement de la plaque (3).

Ces observations sont de nature, croyons-nous, à jeter quelque jour sur les cinèses de l'œuf, sur la formation et la signification des globules polaires; les différentes phases de leur histoire n'avaient peut-être pas encore été considérées avec l'attention qu'elles méritent.

Nos recherches nous ont permis de signaler les principaux points sur lesquels l'attention des savants devra surtout se porter à l'avenir.

Enfin l'étude attentive que nous avons faite des divisions polaires et de la segmentation chez les nématodes, achèvera, nous osons l'espérer, de » Faire tomber la dernière barrière qui se dressait encore entre la cellule ani- » male et la cellule végétale, en démontrant que la plasmodiérèse est iden- » tique dans les deux règnes (4).

Ce résultat est fondamental en cytologie (5).

---

(1) Voir plus haut, p. 67 à 76.

(2) Voir plus haut, p. 76 à 78.

(3) Voir plus haut, p. 79 à 83.

(4) Conclusion générale de la première partie. *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 411.

(5) On peut voir aux p. 372 à 375 de *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, à quel point en était la question de la plasmodiérèse cinétique des cellules animales lorsque nous l'avons reprise.

III.

Le titre et le caractère de nos mémoires indiquent suffisamment que nos observations ne se sont pas bornées à l'étude des phénomènes de la division; nos regards ont été constamment tournés en même temps vers l'organisation cellulaire.

1° *Le noyau.*

a) Après avoir recherché expérimentalement quels sont les moyens d'investigation qu'il est nécessaire d'employer pour faire l'étude fructueuse du noyau (1),

b) Nous avons essayé de débrouiller l'histoire, jusque là inextricable des nucléoles, en déterminant, par des expériences et des observations nombreuses et précises, la nature multiple de ces corps (2),

c) Et celle non moins compliquée et non moins discutée de la vésicule germinative ou du noyau de l'œuf; nous croyons avoir réussi à fixer la nature de ses divers éléments, et à dévoiler l'origine et le caractère des taches de Wagner(3),

d) Nos observations sur l'élément nucléinien nous ont conduit aux résultats suivants :

Il se présente sous la forme de filament ou de boyau, suivant notre dénomination, soit continu et pelotonné, soit divisé en tronçons de diverse grandeur (4),

---

(1) Voir *La vésicule germinative etc. de l'Ascaris megalocephala*, p. 3 et suivantes.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 203 et 207. — *La vésicule germinative etc. de l'Ascaris megalocephala*, p. 7.

Dans son travail sur le nucléole, Zacharias a confirmé les principaux résultats de nos recherches sur les *nucléoles plasmatiques*, mais il s'en prend à nos nucléoles nucléiniens et surtout à nos *nucléoles-noyax*. Ainsi, d'après ses expériences, le nucléole des *Spirogyra* que nous avons rangé parmi ces derniers, serait tout bonnement un nucléole ordinaire. Si l'on ne savait les erreurs que peut commettre un observateur qui se fie aux carmins dans l'étude du noyau, on serait tenté de penser que Zacharias n'a pas fait une seule observation sur le noyau des spirogyres, car il se trompe totalement à leur sujet, comme il s'est trompé en ce qui concerne le nucléole des œufs (voir notre *Mémoire sur l'Ascaris megalocephala*, pp. 8 et 63). Le nucléole de ces algues est en effet un nucléole-noyau *type*, au même titre que celui des lithobies. Il renferme tout l'élément nucléinien du noyau et, quoi qu'en aient dit d'ailleurs Strasburger et Flemming, on ne trouve pas un brin de cet élément dans la large zone de caryoplasma réticulé qui l'entoure; ces savants ont pris le réticulum caryoplasmatique, ou des portions de ce réticulum, pour un réticulum chromatique. Toujours les mêmes erreurs qui se répètent à cause de l'emploi des mêmes réactifs infidèles : le carmin, la safranine, etc.; malheureusement, ces erreurs se propagent sous le couvert de noms qui en imposent à juste titre.

(3) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 203 et suivantes. — *La vésicule germinative etc. de l'Ascaris megalocephala*, p. 7 et suivantes.

(4) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 198.

Ce boyau est doué d'une structure particulière; il est en effet formé d'un étui plastinien et d'un contenu renfermant la nucléine de MIESCHER(1).

Il constitue l'élément fondamental du noyau : élément *sui generis* et autonome, doué, comme le noyau et la cellule elle-même, de la faculté de se multiplier par division, surtout par division longitudinale.

Cette dernière s'exécute généralement à l'équateur de la figure cinétique, mais elle peut se faire aussi avant la formation de la figure(2), ou après sa disparition (3), ou même en dehors de toute cinèse (4).

A l'aide des nouveaux bâtonnets, issus de cette division, il se reconstitue intégralement.

Il est à lui seul capable de reformer un noyau (5).

Aussi longtemps qu'il fonctionne, il conserve son état figuré.

e) Le caryoplasma n'est pas une sève amorphe. Il possède une structure réticulée, décelable sur un assez grand nombre de noyaux; on peut admettre par analogie qu'il est doué partout de la même structure (6).

A nos yeux, c'est cet élément qui fournit le fuseau des figures intérieures, dont nous avons rencontré de si beaux exemples parmi les cinèses polaires des nématodes, en particulier chez l'*Ophiostomum* et l'*Ascaris lombricoïdes*.

---

(1) Voir, au sujet de l'emploi du mot nucléine, *La vésicule germinative etc. de l'Ascaris megalocephala*, p. 5 et suivantes — Sur la structure du boyau, voir *la Biologie cellulaire*, p. 229 et suivantes. — *La Cytodiérèse etc* , p. 199. — *La vésicule etc. de l'Ascaris megalocephala*, p. 51 et 67, FIG. 31*b*, 35*b*, 42*c* et 99*b*.

(2) Voir plus haut, p. 77.

(3) Ainsi que nous l'avons signalé dans les cinèses polaires des nématodes.

(4) Par exemple, dans les noyaux sexuels des œufs des nématodes.

(5) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 350 à 352.

(6) Voir nos observations au sujet de cet élément dans *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 201 à 206. L'étude du réticulum caryoplasmatique est entourée de grandes difficultés dans les noyaux remplis par les anses nucléiniennes. Notre savant collègue C. VAN BAMBEKE, dans son travail « *Des déformations artificielles du noyau;* » Arch. de Biol., t. VII, 1886, dit n'avoir pu constater son existence sur les noyaux qu'il a étudiés. Mais ces noyaux sont précisément de ceux dont nous venons de parler. En admettant avec notre collègue que l'on ne puisse tirer de certaines particularités des noyaux actionnés par l'aiguille, une preuve *en faveur de l'existence* de l'élément discuté, on ne peut pas davantage en tirer un argument *contre son existence*, car deux éléments plastiques aussi enchevêtrés doivent se coller et se confondre en une masse commune sous l'influence de l'étirement. Jusqu'ici, nous l'avons dit et nous le répétons, nous n'avons aucun *moyen sûr de voir* distinctement ces deux éléments dans les noyaux très compliqués et riches en circonvolutions nucléiniennes. Nous croyons qu'il faut attacher une importance particulière dans cette question aux noyaux qui ont un nucléole nucléinien dés l'origine, et aux phénomènes de la reformation des noyaux après la cinèse. *La Cytodiérèse*, l. c. — Voir aussi plus haut, p. 16, etc. L'analogie nous autorise à conclure des cas certains aux cas douteux, mais elle nous interdit de conclure contre les cas certains en nous appuyant sur les cas douteux.

2° *Le protoplasme.*

Il est organisé; il est formé d'un réticulum et d'un enchylème. Il peut présenter des enclaves (1).

Le réticulum a été surtout l'objet de nos recherches.

Il est de nature plastinienne, les digestions le prouvent (2).

On doit se garder de confondre ses trabécules avec les *cordons* protoplasmatiques déliés (3).

Il forme un tout continu qui se transforme totalement ou partiellement en asters ordinaires et en asters de divers ordres pendant la cinèse, pour repasser ensuite à l'état de réticulum au repos (4).

Ce réticulum se modifie à la périphérie pour former la membrane plasmatique, ou membrane primordiale de Mohl (5). Il se modifie également pour constituer les plaques cellulaires de segmentation (6).

Après les cinèses, il se fusionne avec le fuseau (7); il se fusionne également avec le réticulum caryoplasmatique des noyaux de conjugaison, et avec celui des noyaux ordinaires qui entrent en cinèse (8).

Le réticulum est doué de contractilité et d'irritabilité; il préside aux mouvements physiques de la cellule (9).

3° *La membrane.*

La membrane cellulaire est réticulée et vivante (10).

---

(1) Voir plus haut, p. 51. — *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 193.

(2) *La Cytodiérèse*, p. 193.

(3) Plus haut, p. 51.

(4) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, pp. 194 et 347. — *La vesicule germinative et les globules polaires de l'Ascaris megalocephala*, pp, 29, 46 et sqq. — Voir aussi plus haut, pp. 11 et 72, fig. 240, planche VIII.

(5) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 194,

(6) Voir plus haut, p. 79 et suivantes.

(7) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 352.

(8) Voir plus haut, pp. 70 et 71.

(9) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 194. — Les recherches de A. Van Gehuchten sur la fibre musculaire striée confirment pleinement cette manière de voir. Ce jeune savant nous semble avoir prouvé avec un plein succès que le réticulum plastinien est le seul agent de la contraction musculaire. — Voir *La Biologie cellulaire*, p. 196.

(10) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*. p 194 à 197. — *La Biologie*, p. 194. — Les recherches de Baranetzki : Annales des sc. nat., 7° sér., t. IV, p. 135, et celles de Wiesner : *Unters. über d. Org. d. veget. Zellhaut*; Sitz. d. Ak. d. Wiss. z. Wien, Bd. XCIII., Abth. I, Heft I, 1886, ne font que confirmer nos propres recherches sur ce double objet. A propos de la vitalité de la membrane, Wiesner répète tout ce que nous avons dit dans notre *Biologie*.

Les membranes primaire, secondaire et tertiaire des œufs des nématodes possèdent la même structure(1).

La membrane de Mohl et les plaques cellulaires sont de nature plastinienne (2).

Nous avons terminé.

> La Science est une de ces grandes personnes « revêche, ardue et quinteuse » comme dit Montaigne, et qu'il ne suffit nullement de désirer : il la faut gagner par beaucoup de soins, d'attention et de persévérance.
>
> *Revue d. Quest. scientif.*; oct., 1885, p. 551.

(1) Voir plus haut, p. 49 et 50.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 197. — Voir aussi plus haut, p. 82.

EXPLICATION DES PLANCHES

Nos observations ont été faites avec les nouveaux objectifs apochromatiques et les oculaires compensateurs de C. Zeiss (1), *et nos dessins ont été exécutés à la chambre claire Abbe à l'aide de ces objectifs. Nous nous sommes servi de l'objectif à sec* (*dist. foc.* 4,0), *de l'objectif à immersion dans l'eau* (*dist. foc.* 2,5) *et de l'objectif* 1/12 *à immersion homogène* (*dist. foc.* 2,0), *et des oculaires marqués* 4, 8 *et* 12.

PLANCHE V.

Spiroptera strumosa : fig. 101 à 130.

Grossiss. : 1/12, 8.

FIG. **101**. *A*, œuf jeune avec son élément nucléinien apparemment continu. *B*, diverses étapes de la scission de cet élément. En *C*, la vésicule germinative n^1, et son nucléole nucléinien *ni*.

FIG. **102**. Œuf après la pénétration du spermatozoïde : *ns*, noyau spermatique; n^1, vésicule germinative; *ni*, tâche de WAGNER; *np*, nucléoles plasmatiques; m', membrane primaire réticulée; m'', membrane secondaire gonflée et montrant ses couches concentriques.

FIG. **103**. Œuf semblable, vu en coupe optique équatoriale. Les bâtonnets *ni* présentent des indices de division longitudinale.

FIG. **104**, **105**, **106**. Début de la première cinèse. Le caryoplasma s'ordonne en filaments fusoriaux; les huit bâtonnets se séparent, les asters se montrent, la membrane nucléaire *mn* se résout. Le noyau spermatique, *ns*, renferme quatre bâtonnets.

FIG. **107**. Les tronçons nucléiniens vont se porter à l'équateur; les bâtonnets *ns* présentent des signes de division

FIG. **108**. La couronne est formée; le fuseau est dimidié.

FIG. **109**. La couronne se défait, sans que les bâtonnets y aient subi la division.

---

(1) Nous remercions vivement Mr ZEISS d'avoir bien voulu nous offrir la primeur de ses nouveaux objectifs. Ils nous ont été d'un très grand secours dans les recherches si délicates qui font l'objet de ce mémoire. Ces admirables lentilles seront désormais indispensables pour toutes les études de biologie cellulaire. Après s'en être servi pendant quelques jours, l'observateur ne pourrait plus se résoudre à en employer d'autres, même des meilleures.

FIG. **110** à **113**. La figure se dirige obliquement vers le sommet de l'œuf; elle se place parfois perpendiculairement à son axe. Elle commence à s'effacer aux pôles ou à l'équateur.

FIG. **114**, **115**, **116**. La figure disparaît graduellement; seul, l'aster inférieur se maintient; les bâtonnets sont plongés dans le cytoplasme homogène, parfois creusé de vacuoles. Dans la fig. **114**, les bâtonnets de la figure et ceux du noyau *ns* portent une ligne hyaline longitudinale.

Dans les figures précédentes, *ap* désigne l'aster polaire, indépendant de la figure cinétique.

FIG. **117**. Les huit bâtonnets de la figure, n^1, sont ordonnés en deux croissants, unis par leurs pointes, au centre d'un grand aster réuni à l'aster polaire (voir texte).

FIG. **118** et **123**. Expulsion du premier globule, g^1. En *p*, la plaque, au milieu du fuseau de séparation; n^2, les quatre bâtonnets qui restent dans l'œuf; *ns*, noyau spermatique.

FIG. **121** et **122**. Les quatre bâtonnets n^2 sont descendus dans l'œuf; sur la seconde figure ils sont au centre d'un aster, et l'aster polaire *ap* s'est maintenu. Les quatre bâtonnets *ns* ont subi la division longitudinale.

FIG. **124**. La seconde figure cinétique; chacune des moitiés du fuseau porte deux bâtonnets.

FIG. **125**. Le fuseau de séparation, avec sa plaque *p*, existe encore; les quatre bâtonnets du premier globule sont marqués d'une ligne hyaline. Le second globule g^2 est sorti; il reste dans l'œuf les deux bâtonnets n^3.

FIG. **120**. Les deux bâtonnets du globule g^2 et du noyau femelle n^3, sont en division longitudinale; il en est de même de ceux du noyau *ns*.

FIG. **126**. La division longitudinale s'exécute sur les deux bâtonnets du noyau femelle n^3; la reconstitution de l'élément nucléinien se fait dans le noyau *ns*.

FIG. **119**. Même étape que la figure précédente. Le premier globule g^1 forme une cellule considérable; le plaque séparatrice *p* est en voie de dédoublement.

FIG. **127** et **128**. Le second globule g^2 reste intérieur. La division longitudinale se fait dans le noyau n^3; le noyau *ns* se reconstitue à l'aide des bâtonnets issus du même mode de division.

FIG. **129** et **130**. Les noyau n^3 et les noyaux *ns* s'achèvent; le globule g^2 est resté dans l'œuf.

Ascaris du chien : fig. 131 à 133.

Grossiss. : FIG. **131** et **133**, 1/12, 8; FIG. **132**, 1/12, 12.

FIG. **131**. *B*, noyau jeune avec son boyau pelotonné. *A*, ce boyau s'est scindé en huit bâtonnets *ni*, marqués d'une ligne hyaline, et groupés par quatre en deux tâches de WAGNER; *np*, nucléoles plasmatiques.

FIG. **132.** Les deux groupes nucléiniens quaternaires *ni* sont séparés ; on y voit la constitution particulière des bâtonnets. Le spermatozoïde, avec son noyau *ns* muni de quatre bâtonnets donnant des signes de division, s'est avancé jusque près de la vésicule ; la membrane de celle-ci et son contenu se sont fusionnés avec le cytoplasme.

FIG. **133.** Le futur globule g^1 renferme quatre bâtonnets; il en reste quatre dans l'œuf, n^2. Les bâtonnets n'ont subi aucun changement.

Ascaris megalocephala : Fig. I, II, III, IV, V.

Grossiss. : Ob. imm. aq., Oc. 4.

FIG. **I.** Œuf après la sortie du second globule. Les noyaux spermatiques *A* et *B* renferment quatre bâtonnets; en *C* et *D* ces bâtonnets sont en voie de division longitudinale. Dans le noyau femelle n^3, on voit les deux bâtonnets typiques marqués d'un espace hyalin médian.

FIG. **II.** Stade un peu plus avancé. *A* et *B*, division transversale des deux bâtonnets primitifs du noyau femelle. En n^3, les quatre demi-bâtonnets se sont divisés longitudinalement. Dans le globule polaire g^2, les bâtonnets primitifs subissent la division transversale.

FIG. **III.** En n^3, les huit bâtonnets précédents se sont séparés et répandus dans le noyau ; dans le noyau spermatique *ns*, les quatre bâtonnets divisés se sont allongés en tortillon sur place.

FIG. **IV.** Les deux noyaux de conjugaison sont reconstitués à l'aide des éléments de la figure précédente.

FIG. **V.** Ces deux noyaux se sont intimement fusionnés en un noyau de segmentation.

PLANCHE VI.

Coronilla robusta : fig. 134 à 172.

Grossiss : FIG. **134** et **135**, 1/12, 12 ; les autres figures 1/12, 8.

FIG. **134.** Œuf jeune : *A*, élément nucléinien normal ; *B*, il s'est ramassé très tôt au centre du noyau ; *C*, le réticulum caryoplasmatique *rn* est très apparent ; l'auréole périnucléaire commence à se former dans le cytoplasme.

FIG. **135.** Œuf mûr. La constitution de la vésicule germinative n^1 est la même ; l'auréole plasmatique s'est développée et est limitée par une membrane.

FIG. **136.** Le spermatozoïde a pénétré dans l'œuf ; l'élément nucléinien s'est reconstitué dans la vésicule n^1.

FIG. **137** et **138.** Scission en huit tronçons ; l'auréole s'efface graduellement.

FIG. **139**. La première figure cinétique *f* s'est formée à l'intérieur du noyau dont la membrane *mn* est intacte ; le réticulum auréolaire est encore visible.

FIG. **140**. La membrane nucléaire disparaît à l'un des pôles, au moment où la figure sort de l'auréole.

FIG. **144**. La membrane *mn* s'est maintenue jusqu'à la disparition de la figure ; le noyau spermatique est au milieu de l'auréole.

FIG. **140** à **143**. Figures ordinaires ; le fuseau est dimidié ; chacune de ses moitiés porte quatre bâtonnets ; les asters sont peu développés.

FIG. **145**. La figure cinétique n^1 disparaît.

FIG. **146**. Dans cette figure, les bâtonnets n^1 se sont rangés en deux groupes quaternaires, au centre d'un aster. Il y a un aster polaire

FIG. **147**. Les huit bâtonnets n^1 sont marqués d'une ligne hyaline longitudinale.

FIG. **148**. Fuseau de séparation, avec sa plaque m'.

FIG. **149**, **150** et **151**. Le globule polaire g^1 est expulsé avec quatre bâtonnets ; les quatre autres restent dans l'œuf.

FIG. **152** à **155**. Séparation du globule à l'aide de deux plaques m' : une plaque longitudinale fig. **153**, ou oblique fig. **152**, qui en se clivant semble ouvrir l'œuf fig. **154** et **155**, et une plaque transversale m'' fig. **154** et **155**.

FIG. **156** et **157**. La seconde figure ; elle est peu développée. On remarquera le globule polaire g^1 de la fig. **157** ; il forme une grande cellule, semblable à celle de la fig. **119** de la Planche précédente.

FIG. **158**. Fuseau de séparation du second globule ; dans cette figure, deux des quatre bâtonnets primitifs vont être expulsés.

FIG. **159**. La division longitudinale s'est exécutée sur les quatre bâtonnets, après la disparition de la deuxième figure.

FIG. **160**. Cette division s'est faite sur les deux bâtonnets intérieurs seulement ; les deux supérieurs vont former le second globule g^2.

FIG. **161** et **162**. Expulsion du second globule, après la division longitudinale de la fig. **159** ; le groupe quaternaire extérieur représentant deux bâtonnets primitifs est séparé par la plaque m'' ; le groupe intérieur est maintenu.

FIG. **163** et **167**. Le noyau femelle rest formé : il est muni d'une membrane est d'un caryoplasma réticulé, taillé dans le cytoplasme ovulaire ; ses deux bâtonnets subissent la division longitudinale.

FIG. **164**, **165**, **166**, **168** et **169**. Les quatre bâtonnets du noyau n^3 s'allongent et se tortillent dans le caryoplasma.

FIG. **170**. Les quatre bâtonnets n^3 subissent une nouvelle division longitudinale. Les quatre bâtonnets du noyau spermatique *ns* des figures précédentes sont aussi entrés en division.

FIG. **171** et **172** Achèvement des deux noyaux de conjugaison n^3 et *ns*, par l'union et le développement des tronçons nucléiniens.

Filaroïdes mustelarum : fig. 173 à 180.

Grossiss. : 1/12, 4 ; FIG. **173** et **174**, 1/12, 8.

FIG. **173**. *A*, noyau d'un œuf très jeune; *B*, *C*, *D*, scission de l'élément nucléinien en huit tronçons qui se rassemblent vers le centre du noyau; *np*, nucléoles plasmatiques.

FIG. **174**. Jeune œuf dans lequel la vésicule germinative a acquis sa constitution définitive : *ni*, nucléole nucléinien; *np*, nucléoles plasmatiques; les enclaves vitellines font leur apparition.

FIG. **176**. La première figure *f*; elle est dimidiée; les quatre bâtonnets des deux groupes nucléiniens sont vus par une de leurs extrémités.

FIG. **177**. La figure a disparu; les deux groupes quaternaires de bâtonnets sont plongés dans le cytoplasme.

FIG. **175**. Séparation du premier globule g^1 à l'aide de la plaque m'. Un groupe de quatre bâtonnets, n^2, est maintenu.

FIG. **178**. Seconde figure n^2 : elle est ouverte, et porte deux groupes binaires de bâtonnets.

FIG. **179**. Le second globule g^2 est formé, il contient deux bâtonnets. Les deux bâtonnets du noyau ovulaire n^3 ont subi la division longitudinale.

FIG. **180**. Les deux noyaux de conjugaison sont achevés et placés côte à côte. On remarquera les volumineuses enclaves des fig. **176**, **177** et **180**.

PLANCHE VII.

Ophiostomum mucronatum : fig. 181 à 199.

Grossiss. : 1/12, 8.

FIG. **181**. Noyau jeune avec son élément nucléinien, d'apparence ordinaire.

FIG. **182**. Œuf mûr, après la pénétration du spermatozoïde. L'élément nucléinien filamenteux, uniformément distribué au sein de la vésicule germinative n^1, s'oriente dans le sens du grand diamètre de cette dernière.

FIG. **183**. Il est divisé en six tronçons parallèles; le fuseau a apparu, la membrane nucléaire se maintient.

FIG. **184**. Étape subséquente : les six tronçons subissent la division équatoriale transversale; les moitiés se tiennent encore par un pédicule.

FIG. **186**. La division est achevée; les demi-bâtonnets portent déjà des signes de division longitudinale.

FIG. **185**. La figure, vue d'en haut, au moment où elle s'efface; la membrane nucléaire est encore bien marquée.

FIG. **187**. La figure a disparu. Les douze demi-bâtonnets sont ordonnés en deux groupes égaux, g^1 et n^2. La division longitudinale s'achève dans le futur globule polaire g^1.

FIG. **188**. Le groupe g^1 a fait saillie en repoussant la membrane de l'œuf ; il va être séparé par la plaque médiane du fuseau de séparation. Les bâtonnets réservés se divisent ; ils sont entourés d'une membrane.

FIG. **189**. La division longitudinale est achevée dans le noyau n^2.

FIG. **190**. Les demi-bâtonnets qui en résultent se tortillent ; le noyau prend l'aspect d'un noyau ordinaire.

FIG. **191**. Début de la seconde figure. Les filaments du noyau précédent s'orientent parallèlement à l'axe polaire.

FIG. **192** et **193**. Le noyau s'effile; les tronçons nucléiniens, au nombre de six, forment une large bande à l'équateur du fuseau intérieur.

FIG. **194** et **195**. Division transversale des tronçons ramassés sur eux-mêmes.

FIG. **196** et **197**. Retour de la figure à l'état quiescent. Sur la première figure les douze bâtonnets forment deux groupes de six, dans lesquels ils sont placés deux à deux. Sur la seconde, la division transversale n'étant pas achevée, on ne trouve que six bâtonnets géminés placés trois à trois.

FIG. **198** et **198'**. Expulsion du second globule, à l'aide d'une plaque naissant dans le fuseau de séparation et traversant le cytoplasme. Les six bâtonnets intérieurs, n^3 présentent des signes de division longitudinale. La membrane qui entoure le fuseau est bien visible.

FIG. **199**. La division se parfait dans le noyau définitif de l'œuf n^3. Les bâtonnets du noyau spermatique *ns* des figures précédentes, probablement au nombre de quatre, se divisent également. Les noyaux de conjugaison n'ont plus qu'à s'achever.

Ascaris lombricoïdes : fig. 200 à 231.

Grossiss. : FIG. **200** et **201**, 1/12, 8 ; FIG. **202** à **206**, **210**, 1/12, 4 ; les autres figures 1/12, 8 ou 12.

FIG. **200**. Noyau d'un œuf très jeune ; son élément nucléinien est filamenteux.

FIG. **201**. Œuf encore jeune où les enclaves vitellines se forment. L'élément nucléinien s'est porté au centre de la vésicule germinative pour y former la tache de WAGNER *ni* ; le caryoplasme est nettement réticulé.

FIG. **202**. Œuf plus âgé. L'élément nucléinien de la tache de WAGNER s'est de nouveau répandu dans tout le noyau.

FIG. **203** et **204**. Début de la cinèse. Le cytoplasme s'éclaircit autour de la vésicule. Celle-ci, d'abord droite, s'infléchit légèrement ; son élément nucléinien devient plus visible et s'oriente dans le sens de son grand diamètre. Le spermatozoïde se trouve près de la vésicule : *ns*, son noyau; *rs*, son protoplasme réticulé faisant corps commun avec le cytoplasme ovulaire ; *e*, reste de son corps brillant.

FIG. **205**. Les tronçons nucléiniens se sont retirés à l'équateur où ils forment une couronne régulière ; les asters sont peu développés ; la membrane nucléaire persiste. La figure est maintenant perpendiculaire à l'axe de l'œuf.

FIG. **206**. Elle arrive contre la membrane ovulaire ; les bâtonnets sont amincis et désordonnés.

FIG. **207**. Elle est revenue sur elle-même et a pris, dans toutes ses parties, la forme et l'aspect d'un noyau ordinaire, muni de sa membrane.

FIG. **208** et **209**. Ce noyau s'allonge en repoussant la membrane de l'œuf, et en donnant naissance au fuseau de séparation. La plaque m' sépare le premier globule g^1 de la partie n^2 qui reste dans l'œuf. Les bâtonnets assez nombreux de cette dernière sont jetés pêle mêle et semblent s'allonger et se tortiller.

FIG. **210**. Il en est de même sur le noyau n^2 de cette figure, prise à un plus faible grossissement.

FIG. **211**, **212**, **213**, **214**, **217**, **218** et **219**. Genèse et mouvements de la seconde figure cinétique (voir le texte, p. 32 et suivantes). La seconde figure est identique à la première, et passe par les mêmes phases. Entre-temps, elle marche de l'équateur vers le pôle supérieur en restant collée par sa base à la membrane plasmatique de l'œuf ; arrivée au pôle, elle y reste stationnaire. La figure est toujours entourée d'une membrane.

FIG. **215** et **216**. Ici, la figure s'est détachée, et se dirige vers le pôle par l'intérieur de l'œuf.

FIG. **220**, **221** et **222**. La figure revient sur elle-même en diminuant de volume ; les éléments nucléiniens, de plus en plus pressés les uns contre les autres, reprennent l'aspect qu'ils ont dans un noyau ordinaire fig. **222**. Le réticulum cytoplasmatique s'ordonne radialement autour de ce noyau.

FIG. **223**. Le noyau de la fig. **222** s'allonge en étirant les éléments nucléiniens.

FIG. **224**. **225**, **226**, **228** et **229**. Ces éléments se séparent à l'équateur de la figure et se retirent, moitié par moitié, vers les deux pôles, sous la forme de couronnes. Le fuseau de séparation existe. La plaque m' apparaît et sépare le second globule g^2.

FIG. **227**. La plaque m' s'est entièrement clivée ; on voit que le second globule g^2 est une cellule.

FIG. **230** et **231**. Les tronçons nucléiniens de la partie restée dans l'œuf, n^3 des figures précédentes, s'allongent et s'enchevêtrent pour achever le noyau femelle n^3, de la fig. **231**.

Ascaris du chien : fig. 232 et 233.

Grossiss. : 1/12, 8.

Segmentation de l'œuf (œufs encore vivants dans l'alcool).

FIG. **232**. La plaque m' s'établit et se complète dans la zone équatoriale, avant qu'aucun indice d'étranglement ne s'y manifeste.

FIG. **233**. Cette plaque se clive et donne naissance à un étranglement apparent, parce que les deux nouvelles cellules s'arrondissent à mesure que le clivage s'effectue.

Sur la paroi extérieure, les lettres m', m'' et m''' marquent les membranes primaire, secondaire et tertiaire de l'œuf; cette dernière est délicatement réticulée.

Ascaris megalocephala : fig. 234 et 235.

Grossiss. : Ob. à sec., Oc. 8.

FIG. **234**. La plaque cellulaire m' débute contre la paroi plasmatique de l'œuf, et s'avance dans l'intérieur; elle n'existe pas encore dans la région de la figure (probablement au stade équatorial, ou un peu après).

FIG. **235**. La plaque s'est achevée et traverse tout l'œuf; il n'y a pas encore d'étranglement périphérique.

PLANCHE VIII.

Filaroïdes mustelarum : fig. 236 à 256.

Grossiss. : 1/12, 4.

FIG. **236**. Forme pelotonée des deux noyaux de conjugaison.

FIG. **237**. Scission de cette forme en huit tronçons, dans chacun des noyaux; ces tronçons se portent vers la surface de jonction des noyaux. La membrane de ces derniers est encore intacte; leur réticulum plastinien est visible. Un aster a apparu.

FIG. **238**. La membrane des deux noyaux est résolue. Les deux caryoplasmes se sont fusionnés entre eux et avec le cytoplasme. Les éléments nucléiniens, encore au stade de la forme pelotonnée, se trouvent aux deux pôles opposés. Pas d'asters.

FIG. **239**. Les deux noyaux se sont fusionnés en un noyau de conjugaison, entouré d'une membrane continue et très apparente. Les deux asters et quelques filaments du fuseau intérieur sont formés. Les éléments nucléiniens sont en voie de scission; ils sont enchevêtrés, et ont peut-être formé un peloton unique.

FIG. **240**. La fusion des noyaux avec le cytoplasme se complète; la figure se forme dans la masse commune et mixte qui en résulte. Les deux groupes nucléiniens, provenant des deux noyaux sont assez éloignés et vus en projection.

La figure montre bien que les asters sont produits par la transformation du réticulum plastinien de la cellule.

FIG. **241**. Couronne équatoriale vue d'en haut, l'aster supérieur en projection sur elle. On y compte seize bâtonnets, recourbés en v et les branches dirigées en dehors. Au centre de l'aster ou remarque quatre corpuscules polaires.

FIG. **242** et **243**. Dislocation de la couronne après la division longitudinale. Les moitiés des bâtonnets se séparent immédiatement et ne se tiennent par leurs bouts. Il y en a 8 à chaque rangée sur un hémisphère.

FIG. **244**. Les noyaux nouveaux sont déjà reformés ; les seize tronçons de la division se sont unis pour reconstituer la forme pelotonnée. Le fuseau et les asters persistent. La figure, d'abord perpendiculaire au grand axe de l'œuf comme dans la fig. **242**, tourne pour venir se placer comme dans la fig. **245**, avant l'établissement de la plaque.

FIG. **245**. La plaque s'est formée ; il n'y a pas d'étranglement. La noyaux se sont beaucoup développés en multipliant leurs anses nucléiniennes.

FIG. **246**. Partie supérieure d'un œuf segmenté au moins deux fois (nous avons omis de constater s'il y avait des cellules en-dessous des quatre visibles). En *a*, le noyau entre en cinèse en parallélisant ses anses ; en *b*, la couronne équatoriale particulière qui en résulte ; *c*, retour des éléments vers les pôles. Le dernier noyau est à l'état de repos (voir le texte). Les plaques cellulaires sont nettement marquées ; elles ont subi un commencement de dédoublement à la périphérie, m'.

Spiroptera strumosa : fig. **247** à **255**.

Grossiss. : 1/12, 8.

FIG. **247**. La forme pelotonnée des noyaux de conjugaison.

Sur cette figure, ainsi que sur plusieurs figures suivantes, le second globule g^2 est intérieur.

FIG. **248**. La scission a eu lieu ; on trouve six tronçons dans chacun des noyaux. Ceux-ci sont en voie de fusion l'un avec l'autre et avec le cytoplasme.

FIG. **249**. La fusion est plus avancée, et les bâtonnets nucléiniens se sont rapprochés et apparemment confondus en un groupe unique.

On peut constater sur ces deux figures la fusion graduelle du réticulum nucléaire avec le réticulum cytoplasmatique.

FIG. **250**. La couronne équatoriale, avec douze bâtonnets plus ou moins arqués.

FIG. **251**. Forme anormale présentant trois asters, trois fuseaux et trois couronnes équatoriales réunies par leur côté interne.

FIG. **252**. Dislocation de la couronne après la division longitudinale; les demi-bâtonnnets sont isolés l'un de l'autre dès le début.

FIG. **253**. Les bâtonnets sont arrivés aux pôles et ordonnés radialement ; on ne voit que leurs extrémités extérieures. La plaque m' s'établit à partir de la périphérie, elle n'a pas encore entamé le fuseau.

FIG. **254**. La plaque m' est complète, les jeunes noyaux sont reformés et achevés ; l'élément nucléinien y semble pelotonné.

FIG. **255**. Jeune embryon montrant toutes les plaques de division, transformées en membranes *m*. Aucune d'elles n'est dédoublée.

Nématode du Scyllium : fig. 256 à 265.

Grossiss. : 1/12,8.

FIG. **256**. La forme pelotonnée des noyaux sexuels.

FIG. **257**. Scission de cette forme en huit tronçons, dont quatre dans chacun des noyaux.

FIG. **258**. Les bâtonnets se sont rassemblés en deux groupes contigus. Un aster, *a*, se forme ; les membranes nucléaires sont encore intactes. Le réticulum caryoplasmatique, *rn*, est puissant dans cette espèce.

FIG. **259**. Fusion des noyaux et du cytoplasme ; nulle part on ne peut mieux constater leur union en un seul corps homogène.

FIG. **260**. Couronne équatoriale dimidiée.

FIG. **261**, Les bâtonnets se sont divisés longitudinalement; leurs moités sont nettement distinctes au sein même de la couronne.

FIG. **262**. Les demi-bâtonnets se séparent, moitié par moitié.

FIG. **264**. Dans la cellule supérieure, les bâtonnets sont arrivés aux pôles; ils sont placés comme chez la spiroptère. La plaque m'' se forme à partir de la membrane cellulaire ; elle n'est pas arrivée encore au fuseau. Plus bas, la plaque m', achevée depuis longtemps, est devenue membraneuse.

FIG. **263**. La plaque m' vient de s'achever. Les noyaux reformés, encore attachés au fuseau, paraissent renfermer un filament nucléinien continu.

FIG. **265**. En m', la plaque de la première segmentation ; en m'', celle de la seconde ; en m''' celle de le troisième ; aucune n'est dédoublée.

Ophiostomum mucronatum : fig. 267 à 272.

Grossiss. : FIG. **266—268**, 1/12,8; FIG. **269**, Ob. à sec., 8; FIG. **270**, Id , 4; FIG. **271** et **272**, 1/12,12.

FIG. **266**. La fusion des noyaux à eu lieu le fuseau s'est marqué sur leur emplacement, dans le cytoplasme mixte. Les deux groupes de six bâtonnets, provenant des deux noyaux de conjugaison, sont encore séparés.

FIG. **267**. La couronne équatoriale en voie de division longitudinale; elle n'est pas dimidiée.

FIG. **268**. Les moitiés des bâtonnets se mettent en marche; leurs extrémités sont libres.

FIG. **269**. Elles sont aux pôles; la membrane nucléaire est déjà reformée, et la plaque m' est établie.

FIG. **270**. Les noyaux sont achevés et les tronçons nucléiniens se sont réunis. La plaque m' présente un commencement de clivage, simulant un étranglement superficiel.

FIG. **271**. La forme pelotonnée a subi la scission en douze tronçons, et la division longitudinale s'est achevée sur ces derniers, avant la cinèse, c'est-à-dire le noyau étant encore muni de sa membrane et le protoplasme étant encore au repos.

FIG. **272**. Étape subséquente. La membrane nucléaire a disparu; le fuseau et les asters se dessinent. Les vingt quatre demi-bâtonnets commencent leur marche vers l'équateur.

Ascaris megalocephala : fig. 273 et 274.

Grossiss. : 1/12,8.

FIG. **273**. Membrane primaire, m'; membrane secondaire m''. Les trois couches de cette dernière sont jeunes; on y voit un réticulum des mieux accentués.

FIG. **274**. Membrane secondaire en coupe optique; elle porte dans toute son épaisseur des stries radiales assez accentuées et des stries concentriques plus fines. Ces stries sont dues aux trabécules réticulaires des couches successives.

Ascaris mystax : fig. 275.

Grossiss. : 1/12,8.

FIG. **275**. La membrane primaire m' est largement réticulée; les diverses couches secondaires m'' présentent, au contraire, un réticulum délicat et à mailles très serrées.

TABLE DES MATIÈRES

La vésicule germinative et les globules polaires chez divers nématodes.

PAGES

Introduction 3

I.

Spiroptera strumosa.

I. Vésicule germinative. — Œuf.

Constitution et genèse de la vésicule; la tache de WAGNER a 8 bâtonnets . 5
Les œufs très jeunes ont une membrane réticulée 6

II. Premier globule polaire.

Méthodes 6

1° *La figure caryocinétique.*

Formation du fuseau et des asters 7
Formation de la couronne équatoriale à l'aide des 8 bâtonnets éparpillés . 8
La figure est binaire, et porte deux groupes quaternaires . . . 8
Mouvement de la figure vers le pôle 9
La figure tout entière disparaît 10
Persistance de l'aster inférieur ou des deux asters 10
Le grand aster polaire; il est indépendant de la figure . . . 11
Nombreuses modifications du contenu ovulaire pendant la cinèse . . 12

2° *Formation et expulsion du premier globule.*

Groupement quaternaire des bâtonnets après la disparition de la figure; l'un des groupes est expulsé, l'autre est maintenu 13
Le globule polaire se sépare à l'aide d'une plaque cellulaire; il est une cellule . 14

III. Second globule polaire.

La seconde figure est rudimentaire 15
Le second globule reste souvent dans l'œuf, où il est stationnaire . . 15
Il renferme deux bâtonnets; les deux autres forment le noyau ovulaire . . 15

IV Elaboration des noyaux de conjugaison.

1° *Noyau ovulaire.* PAGES

Son caryoplasma est réticulé, et indépendant des deux bâtonnets nucléiniens . 16
Les deux bâtonnets se divisent longitudinalement, au moins une fois; le filament nucléinien se reconstitue 17
Cet élément conserve toujours sa forme figurée 18

2° *Noyau spermatique.*

Division longitudinale des quatre bâtonnets préexistants; formation du filament nucléinien 19

II.

Nématode du Scyllium canicula.

I. Vésicule germinative. — Œuf.

Formation de la tache de WAGNER 20
Apparition d'une auréole périnucléaire 20
La tache de WAGNER se répand dans tout le noyau . . . 21

II. Premier globule polaire.

1° *Formation de la première figure cinétique.*

Il y a huit bâtonnets 21
La cinèse est complète ou incomplète 21
Phénomènes de la cinèse totale; le fuseau est dimidié; il porte deux groupes de quatre bâtonnets 22
Phénomènes de la cinèse incomplète ou intérieure 22
Disparition de la figure 23
Changements du cytoplasme 23

2° *Expulsion du premier globule.*

Le fuseau de séparation existe 23
Un groupe de quatre bâtonnets est expulsé; l'autre reste dans l'œuf . . 23
Existence de deux plaques : l'une longitudinale, l'autre transversale; ouverture apparente de l'œuf 24
Le globule polaire est une cellule 24

III. Second globule polaire.

La seconde figure est peu développée et éphémère 24
Elle est binaire 24
La formation du second globule est calquée sur celle du premier . . 24

Division longitudinale.

Cette division peut se faire avant l'expulsion du second globule . . 25
Particularités qu'elle présente; ses conséquences. 26

IV. Elaboration des noyaux de conjugaison.

1° *Noyau ovulaire.*

Son caryoplasma est réticulé 26
Division longitudinale; reformation du filament nucléinien . . . 27

2° *Noyau spermatique.*

La division longitudinale des bâtonnets est douteuse; le filament se reconstitue. 27

III.

Filaroïdes mustelarum.

Le filament nucléinien des jeunes œufs se scinde en huit tronçons . . 28
Les figures dimidiées sont semblables à celles de l'*Ascaris megalocephala* . 29
Elles s'effacent aux pôles 29
Le fuseau de séparation et la plaque existent; des huit bâtonnets, six sont expulsés avec les deux globules 29
Les deux bâtonnets restant dans l'œuf se divisent longitudinalement . . 29
Les deux noyaux de conjugaison s'achèvent comme dans les espèces précédentes . 30

IV.

Ophiostomum mucronatum.

I. Premier globule polaire.

PAGES

La première figure présente six bâtonnets allongés et parallèles. . . 31
Ils se scindent transversalement à l'équateur 31
La membrane nucléaire persiste 31
La figure disparaît 31
La division longitudinale s'achève sur les demi-bâtonnets . . . 32
Formation du premier globule; fuseau de séparation; la membrane nucléaire persiste autour de la figure 32
Séparation du globule à l'aide d'une plaque 32

II. Second globule polaire.

Les secondes figures sont la reproduction des premières . . . 33
Chez l'*Ophiostomum* les figures sont intérieures, et les globules se forment par sténose. 34
Chacune des cinèses est accompagnée de deux divisions . . . 34
Remarques à propos de la division transversale 35
Le nombre de bâtonnets est égal dans les deux figures . . . 36

III. Reconstitution des noyaux de conjugaison.

Division longitudinale des bâtonnets; achèvement des noyaux . . . 36

V.

Ascaris lombricoïdes:

I. Vésicule germinative. — Œuf.

Les cinèses sont toutes différentes de celles de l'*Ascaris megalocephala* . . 37
Divers états de l'élément nucléinien au sein du noyau. . . . 37

II. Premier globule polaire.

La figure est intérieure; elle renferme douze à seize tronçons parallèles, ordonnés en couronne équatoriale 38
Elle se place perpendiculairement à l'axe de l'œuf et vient buter contre la membrane. 38
La figure revient au repos; le globule se forme par sténose, et toujours dans la région équatoriale. 39

III. Second globule polaire. PAGES

Identité de la seconde figure avec la première 39
La membrane nucléaire persiste à toutes les étapes 40
La figure exécute des mouvements singuliers 41
Sortie du second globule; fuseau de séparation; plaque cellulaire . . 42
Preuves de la persistance de la membrane nucléaire 43
Analogies et différences avec les cinèses de l'*Ophiostomum* . . . 43

VI.

Ascaris du chien.

Boyau pelotonné des œufs jeunes; sa scission en huit bâtonnets . . 44
Constitution particulière des bâtonnets 45
Les figures cinétiques sont semblables à celles de l'ascaride du cheval . . 45
Il en est de même des globules polaires 46

VII.

Ascaris megalocephala.

Reconstitution des noyaux de conjugaison.

1° *Noyau ovulaire.*

Sa constitution initiale; division transversale de ses deux bâtonnets . . 46
La division longitudinale subséquente; formation du filament nucléinien . 47

2° *Noyau spermatique.*

Division longitudinale des quatre bâtonnets qu'il renferme; reconstitution du boyau nucléinien 48

RÉSUMÉ. — CONCLUSIONS.

I. Constitution de l'œuf et de la vésicule germinative.

1° *La membrane.*

La membrane *primaire* se voit sur les œufs très jeunes; elle est réticulée; elle existe seule dans certaines espèces 49
La membrane *secondaire* est formée de couches concentriques réticulées . 49
La membrane *tertiaire* manque assez souvent; elle est également réticulée . 50

2° *Le protoplasme.*

Il est formé d'un réticulum plastinien et d'un enchylème granuleux; il peut contenir des enclaves. 51

3° *Vésicule germinative.*

Sa constitution; la scission du boyau; tache de WAGNER, sa transformation éventuelle. 52

II. Cinèses.

I. *Variations des cinèses polaires* :

1° Dans leurs allures et leurs figures 52
2° Au point de vue de la division de l'élément nucléinien, surtout de la division longitudinale 53
3° Au point de vue de leur perfection: cinèses complètes et incomplètes ou intérieures. 54

II. *Phénomènes généraux des cinèses polaires*

PAGES

1° La première et la seconde figure sont identiques 55
2° Elles varient d'une espèce à l'autre 55
3° Il n'y a pas de couronnes polaires 55
4° Les figures disparaissent. 56
5° Les bâtonnets sont expulsés tels qu'ils sont 56
6° La moitié des bâtonnets est éliminée avec chaque globule . . . 56
7° Les trois quarts de la nucléine de la vésicule sont rejetés. . . 56
8° Partout existe un fuseau de séparation 56
9° Ainsi qu'une plaque cellulaire 56
10° Les globules sont des cellules 56
11° Les bâtonnets restés dans l'œuf subissent la division longitudinale . . 56
12° Il en est de même des bâtonnets du noyau mâle 56
13° Les noyaux de conjugaison se reconstituent à l'aide des nouveaux bâtonnets 57
14° Ils sont semblables aux noyaux ordinaires 57

Remarques.

Les trois points sur lesquels il faudra porter son attention dans l'étude des globules polaires chez les autres animaux 57

III. Les globules polaires.

Loi qui règle l'élimination des bâtonnets; sa discussion . . . 58
La théorie de l'hermaphrodisme cellulaire ne peut se soutenir, si l'on admet l'égalité numérique des bâtonnets mâles et femelles 60
Importance de l'existence des globules polaires dans les œufs parthénogénétiques . 61

La segmentation de l'œuf chez les nématodes.

ARTICLE PREMIER.

A. La première figure.

Le noyau de segmentation existe éventuellement; le plus souvent les noyaux de conjugaison restent indépendants 67
La fusion des éléments nucléiniens est douteuse 68
La première cinèse est identique aux cinèses ordinaires 68
La forme pelotonnée est identique pour les deux noyaux du même œuf . 69
Le nombre des tronçons, issus de sa scission, est le même dans les deux noyaux pour chaque espèce, mais il varie d'une espèce à l'autre 69
Les réticulums caryoplasmatiques se fusionnent entre eux et avec celui du cytoplasme 70
Les éléments nucléiniens des deux noyaux restent indépendants. . . 71
Position des asters et du fuseau; celui-ci est souvent dimidié . . . 72
La division longitudinale a lieu dans la couronne, mais il n'y en a pas de nouvelle aux pôles 73
Les nouveaux noyaux se reconstituent à la façon ordinaire dans le cytoplasme mixte 73
Le filament nucléinien s'y montre continu 74
On ne peut attacher trop d'importance à la séparation des éléments nucléiniens mâle et femelle dans la première figure 74
Cette égalité n'existe pas chez d'autres animaux 75
Le caryoplasma du noyau spermatique peut communiquer à l'œuf les propriétés du père 76

PAGES

B. Les figures subséquentes,

Elles sont identiques à la première 76
On rencontre parfois le mode de scission parallèle; ce mode est réel . . 76
La division longitudinale peut s'effectuer dans les noyaux, avant l'apparition de la figure 77
Dans ce cas la dislocation de la couronne a probablement lieu sans division préalable 78

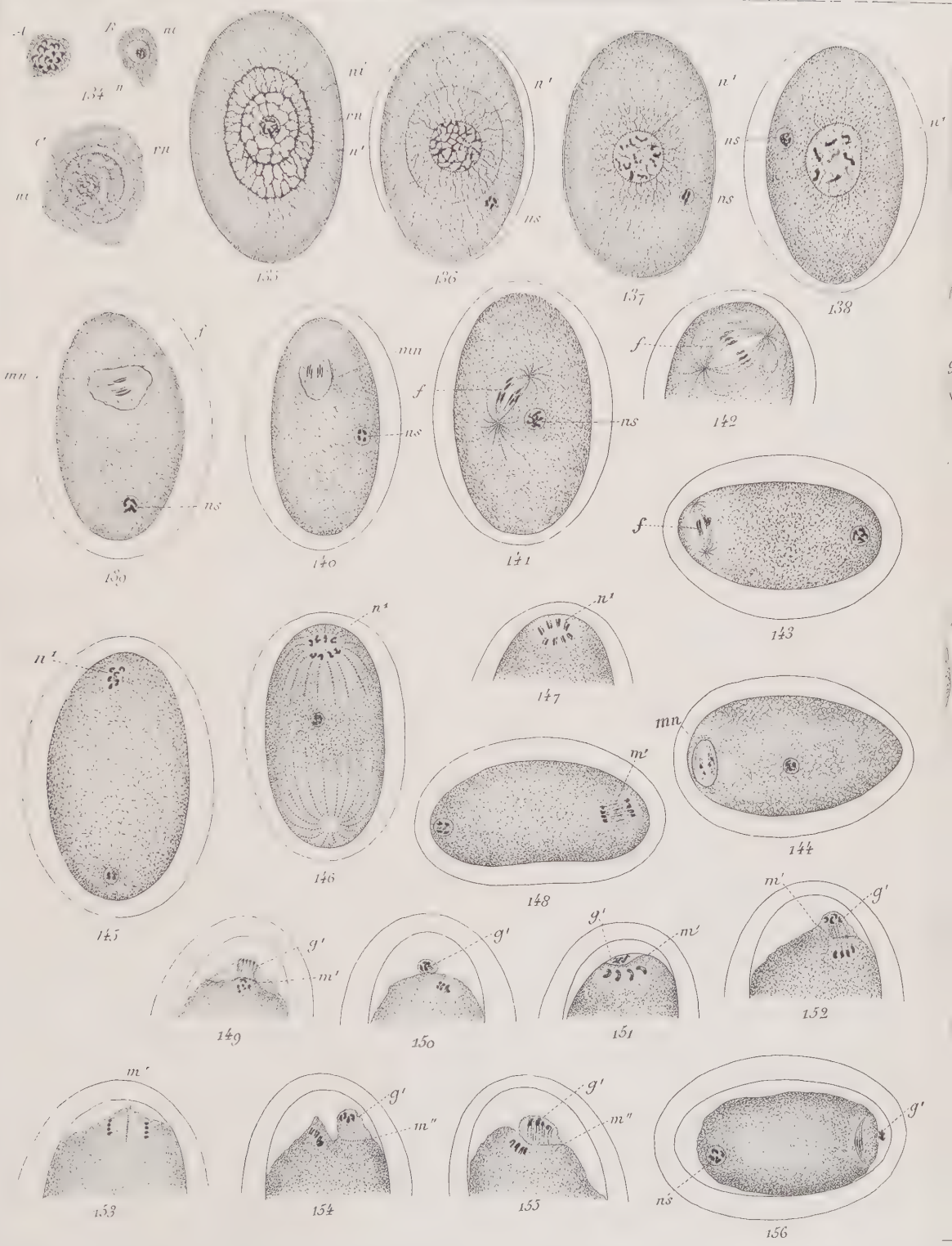
ARTICLE SECOND.

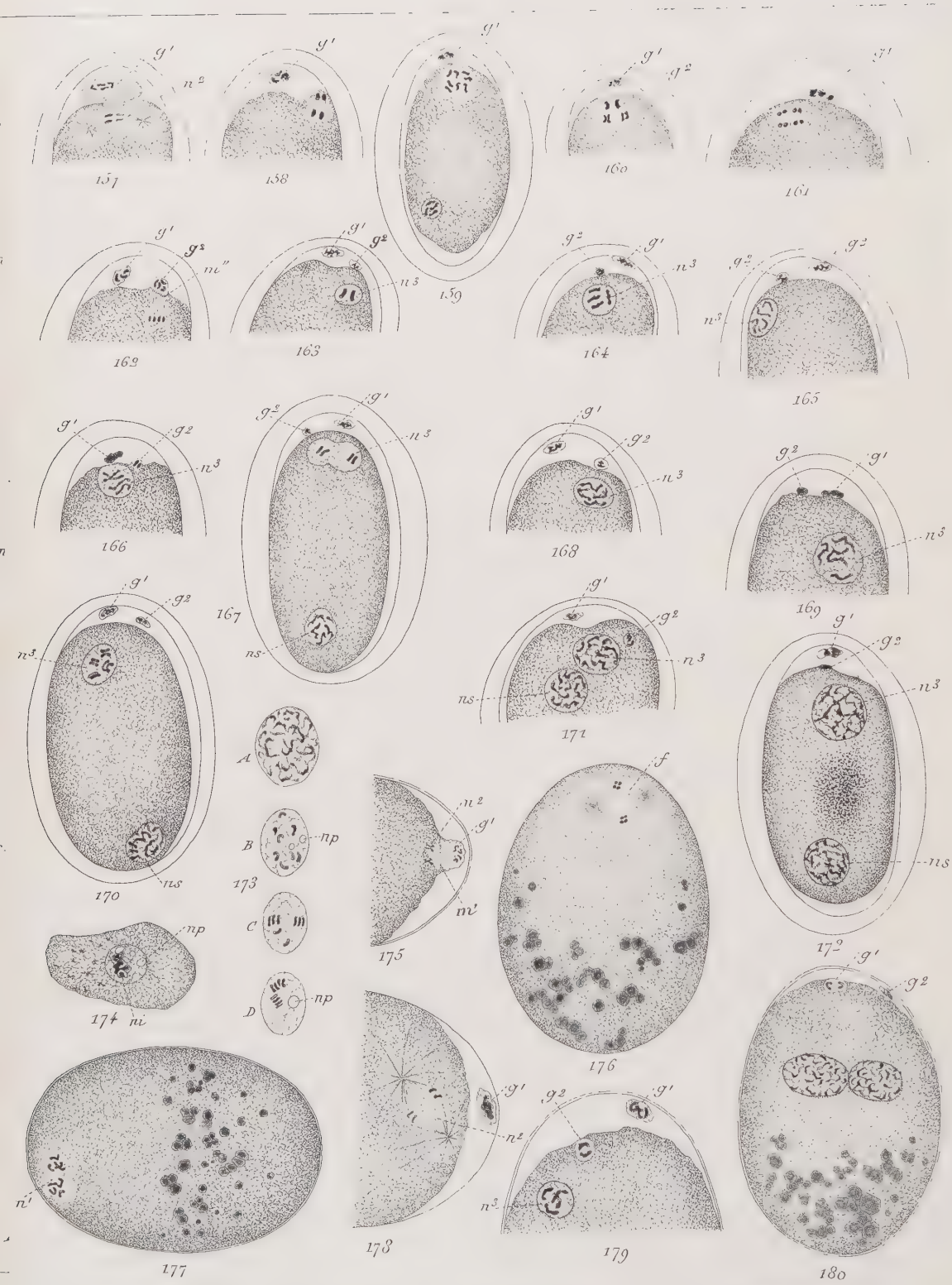
La segmentation de l'œuf et des premières cellules embryonnaires.

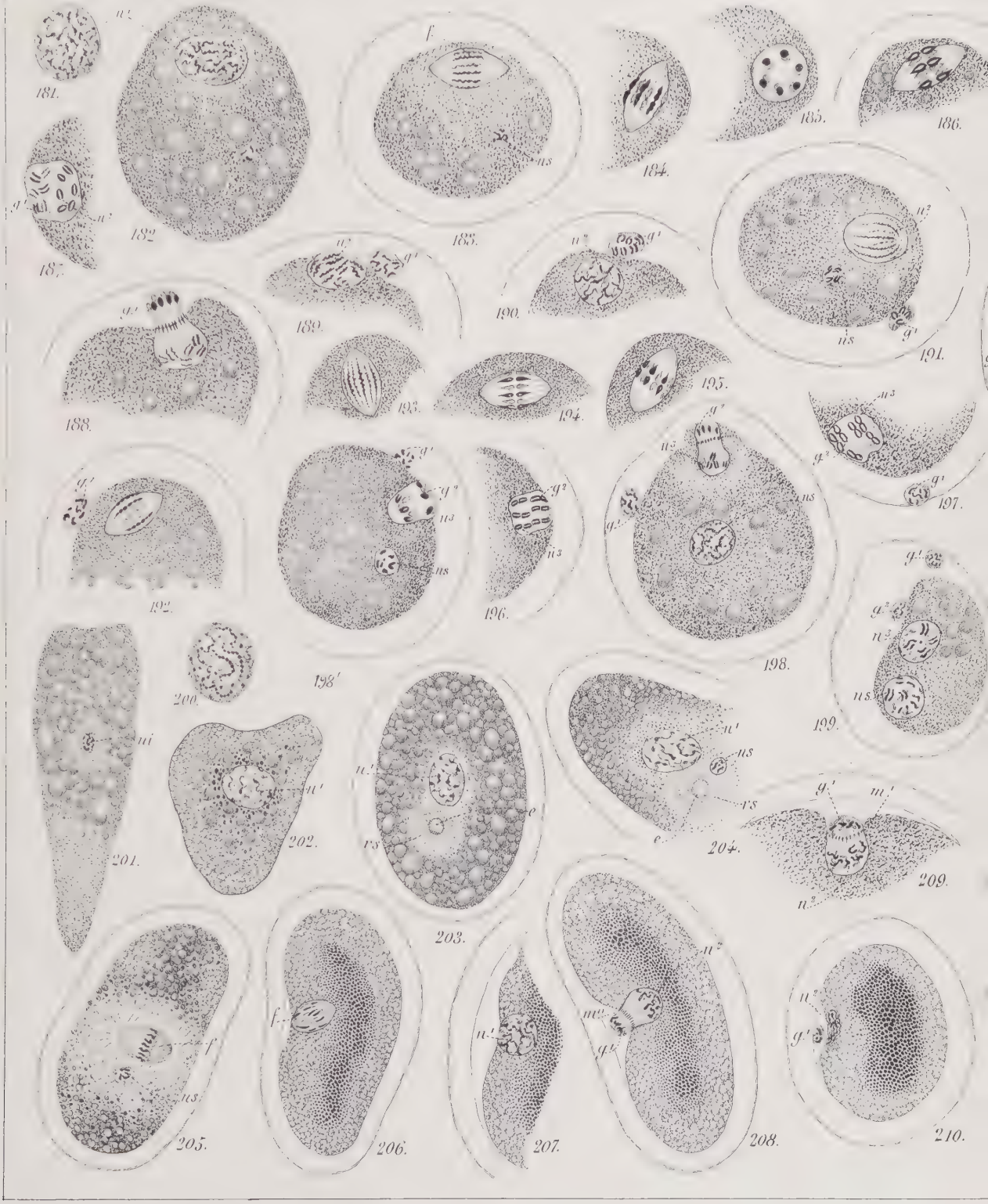
Chez les nématodes la plasmodiérèse a lieu exclusivement à l'aide d'une plaque cellulaire 79
La plaque est d'abord marginale 79
Le moment de son apparition est variable 80
La plaque se forme, comme chez les arthropodes, par une modification locale du réticulum plastinien; elle est donc réticulée. 81
La plaque tantôt se clive, tantôt ne se clive pas 82
Son clivage donne lieu à un étranglement apparent 84
Résumé général 84
Explication des planches 93
Table des matières 105

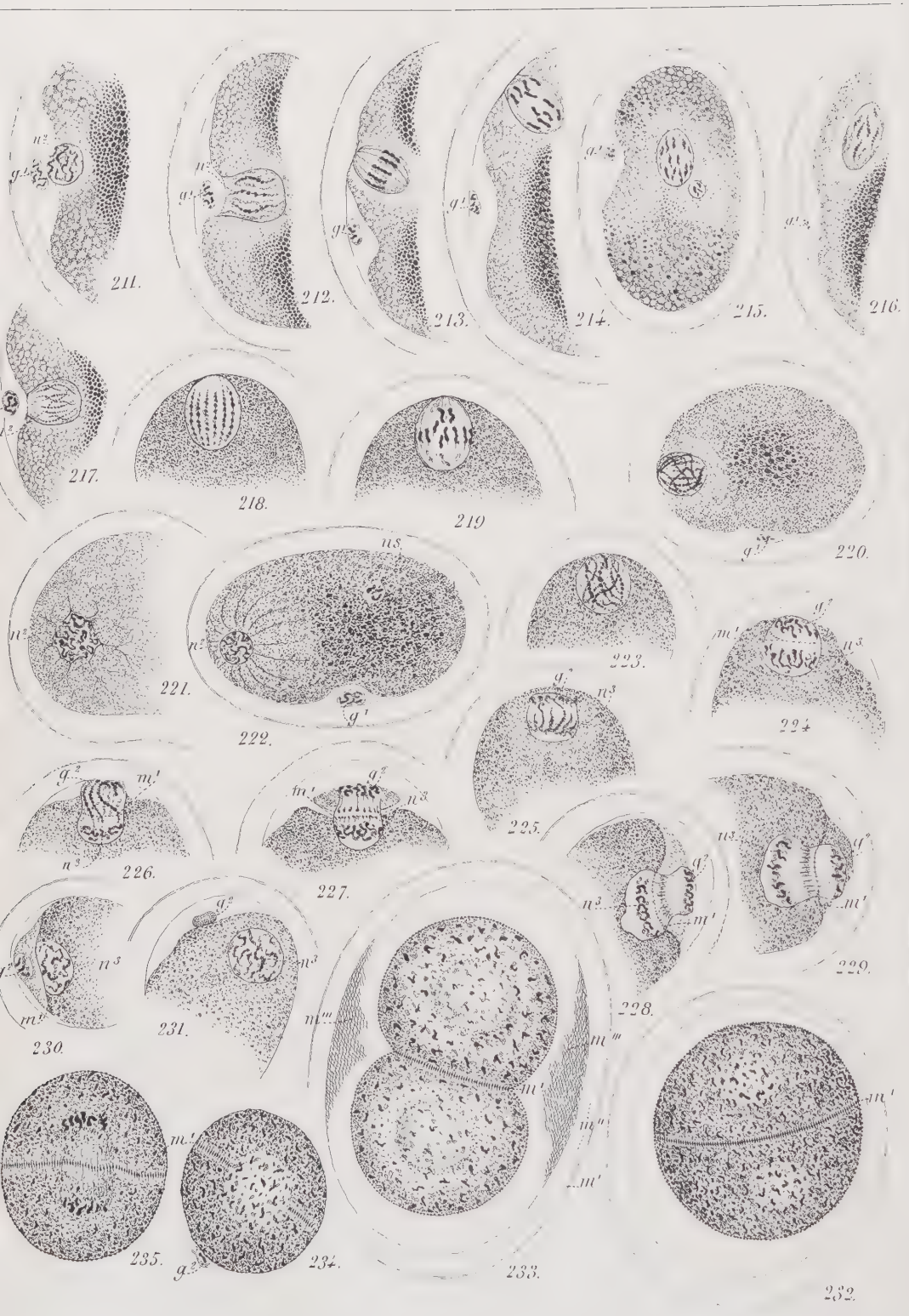
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
I
III
IV
V

n 1
ns
ap
117
g 1
g 2
n 3
ns
120
g 1
p
n 2
ns
118
g 1
p
n 3
g 2
ns
119
g 1
n 2
ns
121
g 1
n 2
ns
ap
122
g 1
n 2
ns
123
g 1
n 2
124
g 1
p
g 2
n 3
125
ns
g 2
g 1
n 3
126
g 1
g 2
n 3
ns
127
g 1
g 2
n 3
ns
ap
128
g 1
g 2
n 3
129
g 1
g 2
n 3
ns
130
g 1
g 2
n 3
ns
A
ni
np
131
B
np
n 2
A
B
C
n 3
g 2
ns
II
ni
ns
132
g 1
133

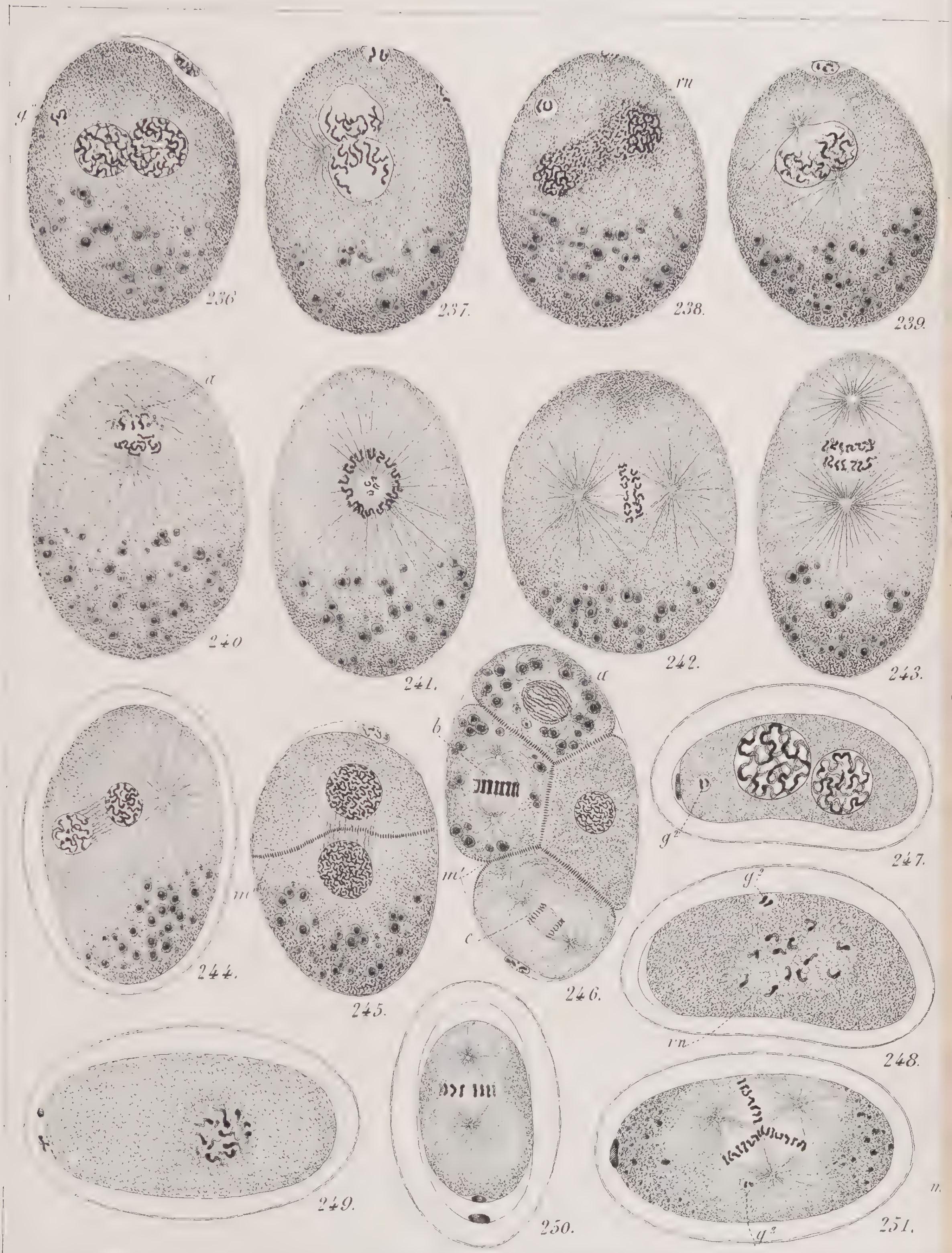

A
B
m
n
134
c'
vn
m
135
m'
vn
n'
136
n'
ns
137
n'
ns
ns
138
n'
mn
f
ns
139
mn
f
ns
140
f
ns
141
f
142
f
143
n'
145
n'
146
n'
147
mn
m'
148
mn
144
m'
g'
149
g'
m'
150
g'
151
m'
g'
152
m'
153
g'
m''
154
g'
m''
155
g'
ns
156


g'
n 2
157
158
159
160
161
g 2
n''
162
163
n 3
164
165
166
167
ns
168
169
170
171
A
B
np
173
C
D
174
n'
175
m'
f
176
177
178
179
180


181.
182.
183.
184.
185.
186.
187.
188.
189.
190.
191.
192.
193.
194.
195.
196.
197.
198.
198'
199.
200.
201.
202.
203.
204.
205.
206.
207.
208.
209.
210.


211.
212.
213.
214.
215.
216.
217.
218.
219
220.
221.
222.
223.
224
225.
226.
227.
228.
229.
230.
231.
232.
233.
234.
235.

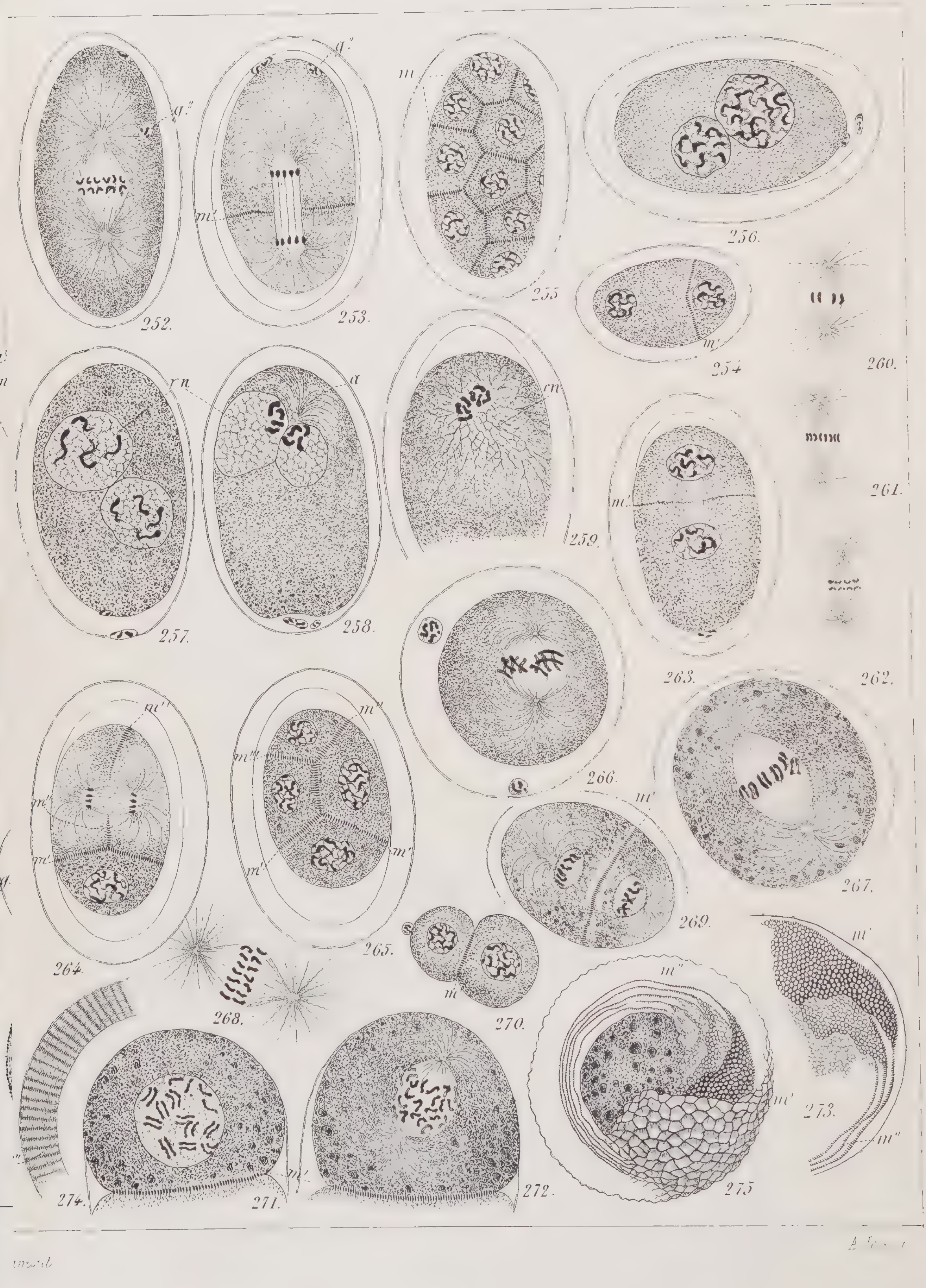
Véna



J.B. Carnoy ad n. Meunier

Lith Du

todes.



252.
253.
254.
255.
256.
257.
258.
259.
260.
261.
262.
263.
264.
265.
266.
267.
268.
269.
270.
271.
272.
273.
274.
275.

ÉTUDE

SUR LA CONSTITUTION CELLULAIRE DE LA

FIBRE NERVEUSE

PAR

L. GEDOELST

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES.

(*Mémoire déposé le* 30 *décembre* 1886.)

A NOTRE SAVANT ET VÉNÉRÉ MAÎTRE

Monsieur le Chanoine J. B. CARNOY

PROFESSEUR DE CYTOLOGIE GÉNÉRALE
A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE

Puissent ces quelques observations contribuer pour une faible part à confirmer les nombreuses et intéressantes recherches que vous avez faites sur la constitution générale de la cellule dans les deux règnes, et justifier pleinement les aperçus nouveaux que vous nous avez exposés depuis longtemps sur la signification de la fibre nerveuse.

VOTRE ÉLÈVE RECONNAISSANT
L. GEDOELST.

PRÉLIMINAIRES

I. BIBLIOGRAPHIE.

Nous avons adopté l'ordre chronologique dans le groupement des mémoires. En outre, pour la facilité des recherches, nous avons réparti les différents travaux en trois groupes, suivant qu'ils s'occupent de la fibre nerveuse, de la cellule en général ou de la chimie physiologique.

1° Bibliographie de la fibre nerveuse.

1 *Leeuwenhoek* : Opera omnia s. arcana naturæ detecta; Lugduni Batavorum, 1687.

2 *G. Della Torre* : Nuove osservazioni microscopiche; Napoli, 1776.

3 *G. Prochaska* : De structura nervorum tractatus anatomicus, tabulis æneis illustratus; Vindobonæ, 1779.

4 *F. Fontana* : Traité sur le venin de la vipère; Florence, 1781.

5 *A. Barba* : Osservazioni microscopiche sul cervello e sul parti adjacenti; Napoli, 1807.

6 *G. R. et L. Ch. Treviranus* : Vermischte Schriften; Göttingen, 1816.

7 *Prévost et Dumas* : Mémoire sur les phénomènes qui accompagnent la contraction de la fibre musculaire; Journal de physiologie expérimentale de Magendie, t. III, 1823.

8 *H. Milne-Edwards* : Mémoire sur la structure élémentaire des principaux tissus organiques des animaux; Paris, 1823. — Journal des sciences naturelles, 1826.

9 *Gerber* : Handbuch der allgemeinen Anatomie des Menschen und der Haussäugethiere; Bern, 1830.

10 *Ehrenberg* : Nothwendigkeit einer feineren mecanischen Zerlegung des Gehirns und der Nerven von der chemischen dargestellt aus Beobachtungen von Ehrenberg; Annalen der Physik und Chemie von Poggendorff, Bd. XXVIII, 1833.

11 *J. Müller* ; Jahresbericht über die Fortschritte der anat. physiol. Wiss. im Jahre 1833; Archiv f. Anat., Phys. u. wiss. Med. von J. Müller, 1834.

12 *Lauth* : Recherches microscopiques sur la structure intime des tissus chez l'homme; L'Institut, LVII, LXX, LXXIII, 1834.

13 *Valentin* : Ueber die Dicke der varicösen Fäden in dem Gehirne und dem Rückenmarke des Menschen; Müller's Archiv, 1834.

14 *Treviranus* : Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gewebe des organischen Lebens; Bremen, 1835.

15 *Ehrenberg* : Beschreibung einer auffallenden und bisher unerkannten Structur des Seelenorganes; Berlin, 1836.

16 *Valentin* : Ueber den Verlauf und die Enden der Nerven; Bonn, 1836.

17 *Emmert* : Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln; Bern, 1836.

18 *Volkmann* : Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes; Leipzick, 1836.

19 *Langenbeck* : De retina observationes anatomico-pathologicæ; Göttingen, 1836.

20 *Remak* : Vorläufige Mittheilungen microscopischer Beobachtungen über den inneren Bau der Cerebrospinalnerven und über die Entwicklung ihrer Formelemente; Müller's Archiv, 1836.

21 *Gottsche* : Ueber die Nervenausbreitung in der Retina; Pfaff, Mittheil. aus d. Gebiet d. Med., Chirurgie u. Pharmacie, N. F., Altona, 1836.

22 *Valentin* : Ueber den Verlauf und die letzten Enden der Nerven; Acad. Cæs. Leop. Nova Acta, XVIII, 1836.

23 *H. Dutrochet* : Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux; Paris, 1837.

24 *Burdach* : Beitrag zur mikroskopischen Anatomie der Nerven; Königsberg, 1837. — Expérience, t. I, 1838.

25 *J. Müller* : Jahresbericht über die Fortschritte der anatomisch-physiologischen Wissenschaften im Jahre 1836; Müller's Archiv, 1837.

26 *Remak* : Weitere mikroskopische Beobachtungen über die Primitivfasern des Nervensystems der Wirbelthiere; Froriep, Neue Notizen, n° 47, 1837.

27 *Purkinje* : Beobachtungen über die feinere Structur der Nerven und des Gehirns; Bericht d. Naturforscher-Versammlung, Prag, 1837.

28 *Mayer* : Die Elementarorganisation des Seelenorganes; Bonn, 1838.

29 *Volkmann* : Ueber die Faserung des Rückenmarks und der sympathischen Nerven in Rana esculenta; Müller's Archiv, 1838.

30 *Ehrenberg* ; Akalephen des rothen Meeres; Berlin, 1838.

31 *Remak* : Observationes anatomicæ et microscopicæ de systematis nervosi structura; Berolini, 1838.

32 *Harting* : Bijdragen tot de mikroskopische kennis der zachte dierlijke weefsels; Van den Hoeven en de Vriese, Tijdschrift, VI, 1839.

33 *Rosenthal* : De formatione granulosa in nervis aliisque partibus organismi animalis; Vratislaviæ, 1839.

34 *Schwann* : Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen; Berlin, 1839.

35 *Krause* : Handbuch der menschlichen Anatomie; Hannover, 1841.

36 *Henle* : Allgemeine Anatomie; Leipzig, 1841.

37 *Valentin* : S. Th. v. Sömmering's Hirn- u. Nervenlehre; Leipzig, 1841.

38 *Bruns* : Lehrbuch der allgemeinen Anatomie des Menschen; Braunschweig, 1841.

39 *Valentin* : Art. Gewebe des menschlichen und thierischen Körpers; Handwörterbuch der Physiologie von Rud. Wagner; Braunschweig, 1842

40 *Bidder u. Volkmann* : Die Selbständigkeit und Abhängigkeit des sympathischen Nervensystems; Leipzig, 1842.

41 *A. Hannover* : Recherches microscopiques sur le système nerveux; Copenhague, 1844.

42 *Volkmann* : Art. Nervenphysiologie; R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Heft X—XI; Braunschweig, 1844.

43 *J. Henle* : Bericht über die Leistungen in der Histologie; Jahresbericht über die Fortschritte in der Biologie im Jahre 1844 von Canstatt u. Eisenmann; Erlangen, 1845.

44 *A. F. Günther* : Lehrbuch der allgemeinen Physiologie; Leipzig, 1845.

45 *Todd et Bowmann* : The physiological anatomy and physiology of man; London, 1845.

46 *A. Kölliker* : Note sur le développement des tissus chez les Batraciens; Annales des sciences naturelles, Vol. VI, 1846.

47 *Schaffner* : Physiol. pathol. Beobachtungen, in Henle u. Pfeufer's Zeitschr. f. rat. Med., Bd. I, Hft. III.

48 *R. Wagner* : Neue Untersuchungen über den Bau u. die Endigungsweise der Nerven u. die Structur der Ganglien; Leipzig, 1847; Handwörterbuch d. Physiologie, Bd. III.

49 *J. A. Klein* : Uebersetzung von Longet's Anatomie u. Physiologie; Leipzig, 1847.

50 *F. H. Bidder* : Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu der Nervenfasern. Nebst einem Anhang von A. W. Volkmann; Leipzig, 1847.

51 *Henle* : Bericht pro 1846 u. 1847.

52 *Donders et Moleschott* : Moleschott Holländ. Beitr., Düsseldorf et Utrecht, 1848.

53 *A. Kölliker* : Neurologische Bemerkungen; Zeitschr. f. wiss. Zool., 1849.

54 *J. N. Czermak* : Ueber die Hautnerven des Frosches; Müller's Archiv, 1849.

55 *A. Kölliker* : Mikroskopische Anatomie, oder Gewebelehre des Menschen; Leipzig, 1850.

56 *Henle* : Bericht pro 1850.

57 *R. Wagner* : Neurologische Untersuchungen; Götting. Nachrichten, 1850 u. 1854.

58 *E. G. Schilling* : De medullæ spinalis textura ratione imprimis habita originis cerebralis nervorum spinalium; Dorpat, 1852.

59 *Remak* : Ueber den Bau der Nervenfasern u. Ganglienkugeln; Amtlicher Bericht d. Naturforschervers. in Wiesbaden, 1853.

60 *C. Kupffer* : De medullæ spinalis textura in ranis, ratione imprimis habita indolis substantiæ cinereæ. Diss. inaug; Dorpat, 1854.

61 *Owsjannikow* : Diss. inaug. de textur. medull. spin. imprimis in piscibus; Dorpat, 1854.

62 *Ecker* : Icones physiolog.; Leipzig, 1854.

63 *Schröder van der Kolk* : Anatomisch-physiologisch onderzoek over het fijnere zamenstel en de werking van het ruggenmerk; Verhandelingen van de kon. akad. van wetenschappen; Amsterdam, 1855.

64 *J. Gerlach* : Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre des menschlichen Körpers; Mainz, 1854.

65 *Funke* : Lehrbuch der Physiologie; Leipzig, 1855.

66 *B. Stilling* : Sur la structure de la fibre nerveuse primitive; Comptes-rendus, t. 41, 1855.

67 *Henle* : Bericht f. 1855.

68 *Metzler* : De medullæ spinalis avium textura; Dorpat, 1855.

69 *Stilling* : Anatomische und mikroskopische Untersuchungen über den Bau der Nervenprimitivfasern und der Nervenzellen; Frankfurt a. M., 1856.

70 *Jacubowitsch* : Mikroskopische Untersuchungen über die Nervenursprunge im Ruckenmarke und verlängerten Marke, über die Empfindungszellen und sympatischen Zellen in denselben und über die Structur der Nervenprimitivzellen, Nervenfasern und Nerven überhaupt; Bullet. Cl. phys. math. Acad. imper. Sc. de St.-Petersbourg, t. XV, n° 1 (n° 337), 27 juin 1856.

71 *Bidder et Kupffer* : Untersuchungen über die Textur des Rückenmarkes und die Entwicklung seiner Formelemente; Leipzig, 1857.

72 *Leydig* : Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere; Frankfurt a. M., 1857.

73 *Henle* : Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie im Jahre 1856; herausg. von Henle u. Meissner, 1 Hälfte, 1857.

74 *Lister et Turner* : Some observations in the structure of nerve fibres; Quart. Journ. of microscop. Sc., 1859.

75 *B. Stilling* : Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks; Cassel, 1859.

76 *Lockhart Clarke* : Observations on the structure of nerve-fibres; Quart. Journ. of microsc. sc., 1860.

77 *W. Turner* : Further observations on the structure of nerve-fibres; Quart. Journ. of microsc. sc., 1860.

78 *L. Mauthner* : Beiträge zur näheren Kenntniss der morphologischen Elemente des Nervensystems; Sitzgsb. d. math. naturw. Kl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 39, 1860.

79 *J. Gerlach* : Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre des menschlichen Körpers für Aerzte und Studirende, 2e Aufl.; Wien, 1860.

80 *Reissner* : Neurologische Studien; Reichert's Archiv f. Anat., Phys. u. wiss. Med., 1860.

81 *Max Schultze* : Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut; Halle, 1862.

82 *L. Mauthner* : Beiträge zur näheren Kenntniss der morphologischen Elemente des Nervensystems; Wien, 1862.

83 *Waldeyer* : Untersuchungen über den Ursprung und den Verlauf des Axencylinders bei Wirbellosen und Wirbelthieren, sowie über dessen Endverhalten in der quergestreiften Muskelfaser; Henle u. Pfeufer's Zeitschr., XX, 1863.

84 *W. Krause* : Ueber die Endigung der Muskelnerven; Göttingen Nachrichten, 1863. — Henle u. Pfeufer's Zeitschr., XVIII—XX, 1863.

85 *Frommann* : Zur Silberfärbung des Axencylinders; Arch. f. path. Anat. u. Phys., Bd. 31, Hft. 2, 1864.

86 *Klebs* : Die Nerven der organischen Muskelfasern; Arch. f. path. Anat. u. Phys., Bd. 31, 1864.

87 *O. Deiters* : Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark; Braunschweig, 1865.

88 *Roudanowski* : Observations sur la structure des tissus nerveux d'après une nouvelle méthode; Journal de l'Anatomie et de la Physiologie, t. II, 1865.

89 *Henle et Merkel* : Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems; Zeitschr. f. rat. Med., 3e R., Bd. 44, Hft. 1, 1868.

90 *Max Schultze* : Observationes de structura cellularum fibrarumque nervearum; Bonn, 1868.

91 *Grandry* : Recherches sur la structure intime du cylindre de l'axe et des cellules nerveuses; Bullet. Acad. royale de Belgique, t. 25, 1868.

92 *Neumann* : Degeneration und Regeneration nach Nervendurchschneidung; Arch. f. Heilk., Jhrg. 9, Leipzig, 1868.

93 *Grandry* : De la structure intime du cylindre de l'axe et des cellules nerveuses; Journ. de l'Anat., n° 3, 1869.

94 *Roudanowsky* : Ueber den Bau der Wurzeln der Rückenmarksnerven, des Rückenmarks und verlängerten Marks des Menschen und einiger höherer Thieren.

95 *L. Ranvier* : Contributions à l'histologie et à la physiologie des nerfs périphériques; Comptes-rendus, nov., 1871.

96 *L. Ranvier* : Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs; Archives de physiologie norm. et path., t. IV, 1871-72.

97 *F. Todaro* : Sulla struttura dei plessi nervosi; Parma, 1872. — Gazz. clin. di Palermo, Dec., 1871.

98 *J. Tamamschef* : Ueber Nervenrohr, Axencylinder und Albuminstoffe. Vorläufige Mittheilung; Centrlbl. f. d. med. Wiss., n° 38, 1872.

99 *Axel Key et Retzius* : Studier in nervsystements anatomi; Nord. med. Arkiv, Bd. IV. — Archiv f. mikr. Anat., Hft. 2, 1872.

100 *A. v. Török* : Ueber den Bau der Nervenfaser; Verhandl. der Würzburg. physik. med. Gesellschaft, Bd. 3, Hft. 1, 1872.

101 *L. S. Beale* : On the active part of the nerve-fibre and on the probable nature of the nerve current; Monthly microsc. Journ., vol. VIII, 1872.

102 *Sigmund Mayer* : Zur Lehre von der Structur der Spinalganglien u. der peripherischen Nerven; Wiener Akad. Sitzgsb., Bd. 8, 1873.

103 *H. Schmidt* : Synopsis of the principal facts elucited from a series of microscopical researches upon the nervous tissues; Monthly microsc. Journ., vol. XII, 1874.

104 *Zawerthal* : Contribuzione allo studio anatomico della fibra nervosa; Rendiconti della R. Accad. delle scienze fisiche et matematiche di Napoli, 1874.

105 *A. J. Lanterman* : Bemerkungen über den feineren Bau der markhaltigen Nervenfasern. Vorläufige Mittheilung; Centrlbl. f. d. med. Wiss., n° 45, 1874.

106 *H. D. Schmidt* : On the construction of the dark or double-bordered nerve fibre; Monthly microsc. Journ., vol. XI, 1874.

107 *Eichhorst* : Ueber Nervenregeneration; Virchow's Archiv, Bd. 59, 1874.

108 *Ch. Rouget* : Observations sur le développement des nerfs périphériques chez les larves de Batraciens et de Salamandres : fibres primitives, fibres secondaires; Comptes-rendus, LXXIV, n° 5, 7, 1874.

109 *E. Fleischl* : Ueber die Beschaffenheit des Axencylinders. Beiträge zur Anatomie u. Physiologie (Gratulationsschrift Carl Ludwigs); Leipzig, 1875.

110 *G. L. Toel* : Die Ranvier'schen Schnürringe markhaltiger Nervenfasern und ihr Verhältniss zu den Neurilemmkernen. Diss.; Zürich, 1875.

111 *Ch. Rouget* : Développement des nerfs chez les larves de Batraciens; Archives de physiologie, 1875.

112 *Jeremiah Mc. Carthy* : Some remarks on spinal ganglia and nerve-fibres; Quart. Journ. of microsc. Sc., 1875.

113 *E. Calberla* : Ueber die Entwicklung der quergestreiften Muskeln und Nerven der Amphibien und Reptilien; Archiv f. mikr. Anat., Bd. XI, 1875.

114 *Cossy et Dejerine* : Recherches sur la dégénérescence des nerfs séparés de leurs centres trophiques; Archives de physiologie norm. et path., 2e Sér., t. 2, 1875.

115 *Fr. Boll* : Neue Untersuchungen zur Anatomie und Physiologie von Torpedo; Monatsberichte der königlichen Preuss. Akad. d. Wiss., Berlin, 1875.

116 *N. Boguslawski* : Zur Frage über die Structur der markaltigen Nervenfasern; Petersb. med. Wochenschrift, n° 36, 1876.

117 *J. Kuhnt* : Die peripherische markhaltige Nervenfaser; Arch. f. mikr. Anat., Bd. XIII, 1876.

118 *J. Kuhnt* : Die Zwischenmarkscheide der markhaltigen Nervenfasern; Centrlbl. f. d. med. Wiss., n° 49, 1876.

119 *Th. W. Engelmann* : Ueber Degeneration von Nervenfasern. Ein Beitrag zur Cellularphysiologie; Arch. f. d. ges. Phys., Bd. XIII, 1876. — Onderz. physiol. labor. Utrecht, 3e R., IV, 1877.

120 *H. Leboucq* : Recherches sur le développement et la terminaison des nerfs chez les larves des Batraciens; Bullet. Acad. royale de Belgique, 2e sér., t. 61, 1876.

121 *J. Kuhnt* : Beitrag zur Anatomie der markhaltigen peripheren Nervenfaser; Nachrichten d. königl. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen, n° 9, 1876.

122 *A. J. Lanterman* : Ueber den feineren Bau der markhaltigen Nervenfasern; Arch. f. mikr. Anat., Bd. XIII, 1877.

123 *Lavdowski* : Untersuchungen über den akustischen Endapparat der Säugethiere; Arch. f. mikr. Anat., Bd. XIII, 1877.

124 *Axel Key et Retzius* : Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, 2e Hälfte, 1e Abth.; Stockholm, 1877.

125 *G. Retzius* : Till kännedomen on plagiostomernas neroträdav; Nord. med. Arkiv, Bd. IX, 1877.

126 *Fr. Boll* : Ueber Zersetzungsbilder der markhaltigen Nervenfaser; Arch. f. Anat. u. Entwickl., 1877.

127 *Fr. Boll* : Studi sulle imagini microscopiche della fibra nervosa midollate; R. Accad. dei Lyncei, Roma, 1877.

128 *Hennig* : Die Einschnürungen und Unterbrechungen der Markscheide an den markhaltigen Nervenfasern. Inaug. Diss.; Königsberg, 1877.

129 *Ewald et Kühne* : Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems; Verhandl. d. natur-histor. med. Vereins zu Heidelberg, 1877, Neue Folge, Bd. I.

130 *H. Frey* : Traité d'histologie et d'histochimie; Paris, 1877.

131 *L. Ranvier* : Leçons sur l'histologie du système nerveux; Paris, 1878.

132 *Hans Schultze* : Axencylinder und Ganglienzelle. Mikrosk. Studien über die Structur der Nervenfaser und Nervenzelle bei Wirbelthieren; Arch. f. Anat. u. Phys., 1878. — Arch. f. mikr. Anat., Bd. XIV, 1878.

133 *G. Tizzoni* : Zur Pathologie des Nervengewebes; Centrlbl. f. d. med. Wiss , n° 13, 1878.

134 *G. Tizzoni* : Sulla patologia del tessuto nervoso. Osservazioni ed experimenti sulla istologia normale e patologica della fibra nervosa; Torino, 1878.

135 *Th. Rumpf* : Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders; Untersuchungen des physiol. Institutes der Universität Heidelberg, Bd. II, Hft. 2, 1878.

136 *L. Gerlach* : Zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfaser; Tageblatt der 51. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Cassel, 1878.

137 *L. v. Morochowetz* : Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser; Unters. aus d. Heidelberg. physiol. Institute, II, 1878.

138 *Schultze et Rumpf* : Zur Histologie der Degenerationsvorgänge im menschlichen Rückenmarke; Centrlbl. f. d. med. Wiss., n° 37, 1878.

139 *M. Lavdowski* : Zum Nachweis der Axencylinderstructurbestandtheile von markhaltigen Nervenfasern; Centrlbl. f. d. med. Wiss., n° 48—49, 1879.

140 *Kühne et Steiner* : Beobachtungen über markhaltige und marklose Nervenfasern; Unters. aus d. physiol. Institute d. Universität Heidelberg, Bd. III, Hft. 1-2, 1879.

141 *B. Rawitz* : Die Ranvier'schen Einschnürungen und Lanterman'schen Einkerbungen; Archiv f. Anat. u. Physiol., Anatom. Abth., 1879.

142 *K. Koch* : Ueber die Marksegmente der doppeltcontourirten Nervenfasern und deren Kittsubstanz. Inaug. Diss.; Erlangen, 1879.

143 *Th. Rumpf* : Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders. Vorläufige Mittheilung; Verhandl. d. natur-histor. med.

Vereins zu Heidelberg, Neue Folge, Bd. II, 1880. — Centrlbl. f. d. med. Wiss., nº 20, 1879.

144 *Tizzoni* : Sulla patologia del tessuto nervoso; Archivio per le scienze mediche, vol. III, 1878.

145 *Hesse* : Zur Kenntniss der peripherischen markhaltigen Nervenfaser; Arch. f. Anat. u. Phys. (Anat.), 1879.

146 *L. Unger* : Untersuchungen über die Entwicklung der centralen Nervengewebe; Wien. Sitzgsb., Bd. 80, Abth. 3, 1879.

147 *G. Rezzonico* : Sulla struttura delle fibre nervose del midollo spinale; Gazzetta medica ital. lombard., nº 35, 1879. — Archiv. per le scienze mediche, vol. IV.

148 *L. O. Cadiat* : Traité d'anatomie générale appliquée à la médecine; Paris, 1879.

149 *R. Arndt* : Etwas über die Axencylinder der Nervenfasern; Archiv f. path. Anat. u. Phys., Bd. 78, 1879.

150 *W. Engelmann* : Ueber die Discontinuität des Axencylinders und den fibrillären Bau der Nervenfasern; Onderz. in het phys. laborat. d. Utrechtsche hoogeschool, 3e R., 3e Afl., V, 1880. — Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 22, 1880.

151 *G. Schwalbe* : Lehrbuch der Neurologie; Erlangen, 1880.

152 *A. Ceci* : Contribuzione allo studio della fibra nervosa midollata, ed osservazioni sui corpuscoli amilacei dell' encefalo e midolla spinale; Mem. R. Accad. dei Lyncei, 1880-81.

153 *E. Klein* : Atlas of Histology; London, 1881.

154 *O. Pertik* : Untersuchungen über Nervenfasern; Archiv f. mikr. Anat., Bd. XIX, 1881.

155 *G. Retzius* : Beiträge zur Kenntniss der inneren Schichten der Netzhaut des Auges; Biolog. Unters. herausg. v. Retzius, 1881.

156 *Golgi* : Sulla struttura delle fibre nervose midollate periferiche e centrali; Archivio per le scienze mediche, vol. IV, nº 10, 1880. — Reale istituto Lombardo de scienze e lettere, Rendiconti, II sér., Vol. XII.

157 *Waldstein et Weber* : Etudes histochimiques sur les tubes nerveux à myéline; Arch. de phys. norm. et path., t. X, 1882.

158 *W. Wolff* : Die Nerven der Cornea; Archiv f. mikr. Anat., Bd. XX, 1882.

159 *A. Hudendorf* : Ueber die Veränderungen der markhaltigen Nervenfasern nach Nervendurchschneidung. Inaug. Diss.; Petersbourg, 1882.

160 *L. Ranvier* : Traité technique d'histologie; Paris, 1875—82.

161 *Witkowski* : Ueber die Neuroglia; Archiv f. Psychiatrie, Bd. XIV, Hft. 1, 1883.

162 *C. Kupffer* : Ueber den « Axencylinder » markhaltiger Nervenfasern; Sitzgsb. d. math. phys. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss., München, Bd. XIII, Heft III, 1883.

163 *Maley* : Zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfasern. Inaug. Diss.; München, 1883.

164 *Vignal* : Mémoire sur le développement des tubes nerveux chez les embryons de mammifères; Arch. de physiol., 2e sér., t. I, nº 4, 1883. — Comp. rend. Soc. Biol., 1883.

165 *Vignal* : Accroissement en longueur des tubes nerveux par la formation des segments intercalaires; Arch. de physiol., 2e sér., t. I, nº 4, 1883.

166 *C. Mondino* : Sulla struttura delle fibre nervose midollate periferiche; Arch. per le scienze mediche, vol. VIII, 1884.

167 *Cattani* : Studio sperimentale intorno la distenzione dei nervi; Archivio per le scienze mediche, vol. VIII, 1884.

168 *C. Frommann* : Untersuchungen über Strucktur, Lebenserscheinungen und Reaktionen thierischer und pflanzlicher Zellen; Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss., Bd. XVII, 1884.

169 *C. Frommann* : Ueber die normale und pathologische Histologie der Nervencentren; Sitzgsber. d. Jenaischen Gesellsch. f. Naturwiss., 1884.

170 *Jens Schou* : Untersolgelser om den periphere marvholdige Nerve-primitivtraads Bygning. Disp.; Kjøbenhavn, 1884.

171 *C. Mondino* : De la structure des fibres périphériques à myéline; Arch. Ital. Biol, t. V, 1884.

172 *K. Bikfalvi* : Ueber die Hornscheide der markhaltigen Nervenfasern; Orvostermészettudományi 'Ertesito, 1884. Ref. in Centrlbl. f. d. med. Wiss., nº 3, 1886.

173 *Gruenhagen* : Ueber ein Endothelial-Element der Nervenprimitiv-scheide; Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXIII, Hft. 3, 1884.

174 *Lavdowski* : Ueber den feineren Bau der markhaltigen Nervenfasern; Neurol. Centralbl., Bd. IV, 1885.

175 *W. Ellenberger* : Handbuch der vergleichenden Histologie und Physiologie der Haussäugethiere; Berlin, 1884.

176 *Kupffer et Boveri* : Ueber den Bau der Nervenfasern; Sitzgber. d. Gesellsch. f. Morphologie u. Physiologie in München, Bd. I, 1885, 1 Hft.

177 *Th. Boveri* : Beiträge zur Kenntniss der Nervenfasern; Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss, II Cl., XV Bd., II Abth., 1885.

178 *Klein et Variot* : Nouveaux éléments d'histologie; Paris, 1885.

179 *Adamkiewicz* : Die Nervenkörperchen. Ein neuer bisher unbekannter morphologischer Bestandtheil der peripherischen Nerven; Sitzgsb. d. k. Akad. Wien, Bd. 91, Hft. 3, 1885.

180 *Adamkiewicz* : Les corpuscules nerveux; Comp. rend. Soc. Biol., nº 36, 1885.

181 *Kölliker* : Histologische Studien an Batrachierlarven; Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 43, 1, 1885.

182 *Cattani* : Sulla distensione incruenta dei nervi; Archivio per le scienze mediche, vol. IX, 1885.

183 *W. Krause* : Histologische Bemerkungen : III. Die Endothelscheide der Nervenfaser; Internationale Monatschrift f. Anat. u. Histol., Bd. II, Hft. 5, 1885.

184 *Vignal* : Les corpuscules nerveux de M. Adamkiewicz; Comp. rend. Soc. Biol., sér. 8, t. III, nº 9, 1886.

185 *Prus* : Sur les corpuscules des nerfs; Société médicale de Cracovie, 1886.

186 *H. Frey* : Précis d'histologie; Paris, 1886.

187 *G. Cattani* : Sull' apparecchio di sostegno della mielina nelle fibre nervose midollari periferiche; Atti della R. Accademia delle scienze di Torino, Vol. XXI, 1886.

188 *E. Lahousse* : La cellule nerveuse et la névroglie. Communication préliminaire; Anatomischer Anzeiger, nº 5, I Jahrg., 1886.

189 *Ed. Jacobi* : Zum feineren Bau der peripheren markhaltigen Nervenfaser; Verhandl. d. physik. med. Gesellsch. zu Würzburg, Bd. XX, nº 3, 1886.

190 *J. Cattani* : L'appareil de soutien de la myéline dans les fibres nerveuses périphériques; Archives italiennes de Biologie, VII, fasc. III, 1886.

2º Bibliographie de la cellule en général.

191 *Marcello Malpighi* : Anatome plantarum, pars prima, 1675, et pars altera, 1679. — Opera omnia; Lugduni Batavorum, 1686. — Opera posthuma; Londini, 1697.

192 *Wolff* : Theoria generationis; Halæ, 1759. — De formatione intestinorum; Nov. Comment. Ac. Sc. J. Petr. XII—XIII, 1768—69. — Ueber die Bildung des Darmkanals; Halle, 1812.

193 *Brisseau-Mirbel* : Histoire naturelle générale et particulière des plantes ou traité d'anatomie et de physiologie végétales, servant d'introduction à l'histoire des plantes; Paris, 1800 et 1802. — Exposition de la théorie de l'organisation végétale, 1809.

194 *Dutrochet* : Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux; Paris, 1824.

195 *Turpin* : Organographie microscopique, élémentaire et comparée des végétaux; Paris, 1826. (Tiré à part des Mémoires du Museum d'histoire naturelle, t. XVIII.)

196 *Brisseau-Mirbel* : Recherches sur les Marchantia, 1831—32.

197 *Robert Brown* : On the organs and mode of fecondation in Orchideæ and Asclepiadeæ; Read nov. 1 and 15, 1831. From the Transact. of the linnean Soc. of London, vol. XVI, 1833.

198 *De Quatrefages* : Mémoire sur l'embryogénie des Planorbes et des Lymnées; Ann. des Sc. nat., 2e sér., t. II, 1834.

199 *Dumortier* : Mémoire sur l'embryogénie des mollusques gastéropodes; Ann. des Sc. nat., 2e sér., t. VIII, 1837.

200 *Turpin* : Observations sur l'organisation tissulaire des sécrétions produites aux surfaces des membranes muqueuses animales comparées aux sécrétions muqueuses productrices et réparatrices des végétaux; Ann. des Sc. nat., 2e sér., t. VIII, 1837.

201 *M. J. Schleiden* : Beiträge zur Phytogenesis; Müller's Archiv, 1838.

202 *Brisseau-Mirbel* : Nouvelles notes sur le Cambium, 1839.

203 *Raspail* : Nouveau système de chimie organique; Paris, 1839.

204 *Hugo von Mohl* : Vermischte Schriften botanischen Inhalts; Tübingen, I, 1845

205 *Leydig* : Vom Bau des thierischen Körpers; Tübingen, 1864.

206 *C. Frommann* : Centrlbl. f. med. Wiss., 1865. — Untersuchungen über die normale und pathologische Anat. des Rückenmarks; Jena, 1867.

207 *J. Heitzmann* : Untersuchungen über das Protoplasma. — Das Verhältniss zwischen Protoplasma und Grundsubstanz im Thierkörper; Sitzgsb. d. k. Akad. Wien, 1873.

208 *Kupffer* : Ueber Differenzirung des Protoplasmas; Schriften d. natur. Vereins f. Schleswig-Holstein, Bd. I, 1875.

209 *W. Flemming* : Beobachtungen über die Beschaffenheit des Zellkerns; Archiv f. mikr. Anat., Bd. XIII, 1877.

210 *R. Hertwig* : Beiträge zu einer einh. Auffassung d. versch. Kernformen; Morph. Jahrb., Bd. II, 1876.

211 *R. Hertwig* : Zur Histologie der Radiolarien; Leipz., 1876.

212 *W. Flemming* : Zur Kenntniss des Zellkerns; Centrlbl. f. d. med. Wiss., 1877.

213 *E. Klein* : Observ. on the structure of cells and nuclei; Quart. Journ. of micr. Sc., 1878.

214 *J. Arnold* : Ueber feinere Structur der Zellen unter normalen und pathologischen Bedingungen; Virchow's Archiv, 1879, Bd. 77.

215 *W. Flemming* : Beiträge zur Kenntniss der Zelle; Arch. f. mikr. Anat., 1879—80—81.

216 *R. Hertwig* : Der Organismus der Radiolarien; Jena, 1879.

217 *F. Schmitz* : Untersuchungen über die Structur des Protoplasmas und des Zellkerns bei Pflanzenzellen; Sitzgsb. d. niederrhein. Gesellsch., Bonn, 1880.

218 *Ed. Strasburger* : Zellbildung und Zelltheilung, 3e Aufl.; Jena, 1880.

219 *E. G. Balbiani* : Sur la structure du noyau des cellules salivaires chez les larves de Chironomus; Zool. Anz., 1881.

220 *Kollmann* : Ueber thierisches Protoplasma; Biolog. Centrlbl., 1882-83.

221 *Strasburger* : Ueber den Theilungsvorg. d. Zellkern, u. d. Verhält. d. Kernth. zur Zelltheilung; Bonn, 1882. — Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXI, 1882.

222 *E. Klein* : On the lymph. system and the structure of the salivary glands and pancreas; Quart. Journ. of micr. Sc., 1882.

223 *W. Flemming* : Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung; Leipzig, 1882.

224 *A. Rauber* : Neue Grundlegungen zur Kenntniss d. Zelle; Morphol. Jahrb., Bd. VIII, 1882.

225 *Strasburger* : Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute; Jena, 1882.

226 *Tangl* : Ueber offene Communication zwischen Zellen des Endosperms, etc.; Pringsheim's Jahrb., Bd. XII, 1881.

227 *Gardiner* : Open communication between the cells in the Pulvinus of mimosa pudica; Quart. Journ. of micr. Sc., 1882.

228 *Russow* : Ueber Perforation der Zellwand, etc.; Sitzgsb. Dorp. naturf. Gesellsch., 1883.

229 *Gardiner* : On the continuity of the protoplasm throught the walls of cells; Phil. transact. royal Soc., vol. III, 1883. — Arbeit des bot. Instit. in Würzburg, Bd. III.

230 *J. B. Carnoy* : La Biologie cellulaire. Étude comparée de la cellule dans les deux règnes; Lierre—Louvain, 1884.

231 *Berthold* : Ueber das Vorkommen von Protoplasma in Intercellularräumen; Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., Bd. II, 1884.

232 *Terletzki* : Ueber den Zusammenhang des Protoplasmas benachbarter Zellen und über Vorkommen von Protoplasma in Zwischenzellräumen; Ber. d. bot. Gesellsch., Bd. II, 1884.

233 *Tangl* : Zur Lehre von der Kontinuität des Protoplasmas im Pflanzengewebe; Sitzgsb. d. Akad. Wiss. Wien, 1884.

234 *Fisch* : Die neueren botanischen Forschungen über Protoplasmaverbindungen benachbarter Zellen; Biolog. Centrlbl., Bd. IV, 1884.

235 *J. B. Carnoy* : La Cytodiérèse chez les arthropodes; la Cellule, t. I, 1885.

3° Bibliographie concernant l'histochimie et la chimie physiologique.

236 *Mulder* : Physiologische Chemie; Braunschweig, 1844—1852.

237 *F. C. Donders* : De vorm, de zamenstelling en de functie der elementaire deelen, in verband met hunnen oorsprong; Nederlandsch Lancet, I, 1851—1852. — Zeitschr. f. wiss. Zool., III, 1851.

238 *Virchow* : Ueber das ausgebreitete Vorkommen einer dem Nervenmark analogen Substanz in den thierischen Geweben; Arch. f. path. Anat. u. Phys., Bd. VI, 1854.

239 *W. Müller* : Beiträge zur Kenntniss der Molecularstructur thierischer Gewebe; Zeitschr. f. rat. Med., 3e Reihe, Bd. 10, Hft. 2, 1860.

240 *Diaconow* : Ueber die chemische Constitution des Lecithin; Centrlbl. f. d. med. Wiss., 1868, nº 1.

241 *Diaconow* : Das Lecithin im Gehirn; Centrlbl. f. d med. Wiss, 1868, nº 7.

242 *von Wittich* : Ueber eine neue Methode zur Darstellung künstlicher Verdauungsflüssigkeiten; Arch. f. d. ges. Phys., Bd. II, 1869.

243 *Hoppe-Seyler* : Med. chem. Untersuchungen, Hft. 4, 1870.

244 *A. Gautier* : Chimie appliquée à la physiologie, à la pathologie et à l'hygiène; Paris, 1874.

245 *Ewald et Kühne* : Die Verdauung als histologische Methode; Verhandl. d. natur. histor. med. Vereins zu Heidelberg, 1877.

246 *A. Bókay* : Ueber die Verdaulichkeit des Nucleins und Lecithins; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. I, 1877—1878.

247 *Hammarsten* : Maly's Jahresbericht f. 1880.

248 *Hoppe-Seyler* : Physiologische Chemie; Berlin, 1877—1881.

249 *Reinke et Rodewald* : Studien über das Protoplasma : I. Die chemische Zusammensetzung des Protoplasma von Aethalium septicum; Unters. aus d. botan. Labor. d. Universität Göttingen, 1881.

250 *A. Cahn* : Zur physiol. u. pathol. Chemie des Auges; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. V, Hft. IV, 1881.

251 *Kossel* : Untersuchungen über die Nuclein und ihre Spaltungsproducte; Strasburg, 1881.

252 *Landwehr* : Untersuchungen über das Mucin der Galle und das der Submaxillardrüse; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. V, 1881.

253 *Landwehr* : Untersuchungen über das Mucin von Helix pomatia und ein neues Kohlenhydrat (Achrooglycogen) in der Weinbergschnecke; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. VI, Hft. 3, 1882.

254 *J. Horbaczewski* : Ueber das Verhalten des Elastins bei der Pepsinverdauung; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. VI, 1882.

255 *Hammarsten* : Metalbumin und Paralbumin. Ein Beitrag zur Chemie der Kystomflüssigkeiten; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. VI, Hft. 3, 1882.

256 *E. Zacharias* : Ueber Eiweiss, Nuclein und Plastin; Bot. Zeit., 1883.

257 *Giacosa* : Études sur la composition chimique de l'œuf et de ses enveloppes chez la grenouille commune : I. Sur l'enveloppe muqueuse de l'œuf; Zeitschr. f. physiol. Chemie, t. VII, 1882—1883.

258 *K. Bikfalvi* : Vergleichend-mikroskopische Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Gewebe im Magensaft und Bauchspeichel; Orvosi Hertilap, 1883. — Orvostermészettudományi 'Ertesito, 1883, Physiol. Instit. Klausenburg. Ref. in Hofmann u. Schwalbe's Jahresber., Bd. XII, Abth. 2, 1885.

259 *J. Reinke* : Studien uber das Protoplasma. Zweite Folge : I. Ein Beitrag zur physiologischen Chem. von Aethalium septicum; Unters. aus d. bot. Labor. d. Universität Göttingen, 1883.

260 *K. Bikfalvi* : Welche Nahrungstoffe verdaut der Magen am leichtesten? Orvostermészettudományi 'Ertesito, 1884. Ref. in Jahresber. v. Virchow u. Hirsch f. 1885.

261 *Drechsel* : Chemie der Secrete und Gewebe; Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. V, Th. 1, 1883.

262 *C. Krukenberg* : Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der thierischen Gerüstsubstanzen; Vergleichend-physiologische Vorträge, IV, Heidelberg, 1885.

263 *C. Krukenberg* : Ueber die chemische Beschaffenheit der sog. Hornfäden von Mustelus und über die Zusammensetzung der keratinösen Hüllen um den Eiern von Scyllium stellare; Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel, Bd. VI, 1885.

264 *Steinbrügge* : Untersuchungen uber das Vorkommen von Keratin in der Säugethierschnecke; Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXI, 1885.

265 *O. Hammarsten* : Studien über Mucin und mucinähnliche Substanzen; Pflüger's Archiv, Bd. 36, 1883.

266 *Löbisch* : Ueber Mucin aus der Sehne des Rindes; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. X, 1885.

267 *Krukenberg* : Untersuchungen über den chemischen Bau der Eiweissstoffe; Sitzgsber. d. Jenaischen Gesellsch. f. Med. u. Naturw., 1886, Hft. 1.

268 *J. Chevalier* : Chemische Untersuchungen der Nervensubstanz; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. X, Hft. 2, 1886.

269 *K. Raske* : Zur chemischen Kenntniss des Embryo : II. Ueber die chemische Zusammensetzung des embryonalen Gehirns; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd X, Hft. 4, 1886.

HISTORIQUE.

L'historique de nos connaissances sur la fibre nerveuse comprend trois périodes.

La première commence à Leeuwenhoek qui, dans sa curiosité de débutant, s'ingénia à observer tous les objets qui étaient susceptibles d'un examen microscopique. Elle s'étend pendant l'espace d'un siècle et demi jusqu'à Schwann et peut être considérée comme une période d'élaboration.

La deuxième débute avec la publication des célèbres recherches de Schwann et va jusqu'à Ranvier. Cette période est tout entière consacrée à l'analyse et au contrôle des observations antérieures. Aucune découverte importante ne vient modifier sensiblement la conception de la fibre nerveuse, telle que Schwann l'avait esquissée.

Ce n'est qu'avec la troisième période que nos connaissances se complètent grâce aux intéressantes observations de L. Ranvier. A partir de ce moment et à la suite des nombreuses acquisitions que la science a faites dans le domaine de la cytologie générale, les histologistes parviennent à établir sérieusement la nature cellulaire de la fibre nerveuse. C'est cette évolution de nos idées qui caractérise la troisième période qui se continue jusqu'à nos jours.

La première partie de notre historique sera consacrée à un exposé rapide de ces trois périodes. Nous réserverons une seconde partie, dans laquelle nous rappellerons avec plus de détails les observations qui ont été faites au sujet d'un élément réticulé ou fibrillaire dans la fibre nerveuse.

I. HISTORIQUE DE LA FIBRE NERVEUSE EN GÉNÉRAL

A. Première période.

De Leeuwenhoek à Schwann (1687—1839).

Leeuwenhoek (1) fut le premier qui, appliquant le microscope à l'étude des éléments organiques, décrivit la structure des nerfs.

Sa description de la fibre nerveuse se distingue par une exactitude remarquable : la fibre est constituée par un tube aux contours très nets, qui renferme un liquide spécial transparent.

Tout incomplète que soit cette description, elle offre un intérêt particulier, parce qu'elle reconnaît implicitement l'existence d'une membrane d'enveloppe. Certes, Leeuwenhoek n'a reconnu, ni décrit la membrane de la fibre nerveuse, mais l'assimilation qu'il fait de celle-ci à un tube, à un vaisseau, suppose naturellement une paroi.

Pour Leeuwenhoek et tous les physiologistes qui l'ont immédiatement suivi, il existe un fluide nerveux, analogue au sang, qui est distribué comme celui-ci à toutes les parties du corps par l'intermédiaire des nerfs.

Prochaska (3) renversa bientôt cette hypothèse et, sans apporter des contributions nouvelles aux connaissances acquises sur la structure de la fibre nerveuse, il démontra qu'il n'y avait aucune circulation de la moelle nerveuse.

Ce ne fut qu'un siècle après Leeuwenhoek que nos connaissances se complétèrent et se modifièrent, grâce aux observations de Fontana (4).

D'après ce physiologiste, le nerf est constitué par un grand nombre de cylindres transparents, homogènes, uniformes et très simples. » Ces cylin-
» dres paraissent formés d'une paroi ou tunique très subtile, uniforme, rem-
» plie, autant que l'œil peut en juger, d'une humeur transparente, gélati-
» neuse, insoluble dans l'eau. Chacun de ces cylindres reçoit une enveloppe
» en forme de gaîne extérieure, laquelle est composée d'un nombre immense
» de fils tortueux (1).«

---

(1) Fontana : Traité sur le venin de la vipère, p. 207.

En dissociant un nerf à l'aide des aiguilles, Fontana parvint à observer sur une partie de son trajet un de ces cylindres, isolé de son enveloppe externe. » Je soupçonnai alors, dit-il, que le cylindre nerveux primitif était » formé d'un cylindre transparent plus petit, plus uniforme et couvert d'une » autre substance, peut-être de nature cellulaire (1). «

Il avait ainsi observé le premier le cylindre-axe, dont l'existence ne fut définitivement acceptée qu'un demi-siècle plus tard, grâce aux observations concluantes de Remak (26, 31), appuyées par celles que publièrent peu après Purkinje (27) et Rosenthal (33).

Enfin Fontana décrivit également la membrane externe qu'il considéra comme formée de petits tubes ou fibres courant le long du nerf.

Ainsi il était parvenu à distinguer l'existence des trois éléments constitutifs de la fibre nerveuse : la membrane d'enveloppe, la couche médullaire et le cylindre-axe. Si sa description laisse parfois à désirer, il n'est guère permis de nier que Fontana ait reconnu le premier la véritable structure de la fibre nerveuse.

La plupart des auteurs qui lui succédèrent admirent en partie les faits exposés par Fontana, et se plurent à reproduire ses descriptions.

Barba (5) interpréta cependant d'une manière un peu différente le résultat de ses observations. Il examina les nerfs dans l'eau, comme l'avaient fait tous ses prédécesseurs; aussi la description qu'il en a donnée, n'est pas celle de la fibre normale, mais celle de la fibre modifiée par le milieu artificiel dans lequel il l'a placée.

C'est ainsi qu'il décrivit la membrane externe conjonctive pénétrant à l'intérieur de la fibre et s'y repliant un certain nombre de fois jusqu'à ce qu'elle atteigne le centre, où elle se continue avec une membrane entièrement différente de la membrane d'enveloppe.

Cette membrane interne est très probablement le cylindre-axe déjà signalé par Fontana.

L'espace laissé libre entre les différents replis de la membrane est occupé par la moelle nerveuse qui, sur une coupe, décrit une espèce de ligne spiralée. Cet aspect est certainement dû à l'action de l'eau, de même que la formation des globules, ou l'existence des fibres ou des tubes déjà signalés par Della Torre (2), Prochaska, Fontana, etc.

Après les belles observations de Fontana nos connaissances sur la struc-

(1) Fontana : loc. cit., p. 205.

ture intime de la fibre nerveuse subissent un véritable temps d'arrêt, jusqu'à ce que Remak fit connaître le résultat de ses nombreuses et intéressantes recherches.

Durant ce long intervalle qui comprend la fin du XVIII^e siècle et le commencement du XIX^e, les quelques auteurs qui s'occupèrent de cette question, se bornèrent à contrôler les observations de leurs prédécesseurs.

Treviranus (6), Prévost et Dumas (7), Milne-Edwards (8) signalèrent un élément cylindre-axile.

Treviranus décrivit aussi des fibres dans la membrane d'enveloppe; mais il fit remarquer que ces fibres ne s'anastomosent pas et descendent le long du tube nerveux, le plus souvent au nombre de deux, une de chaque côté. Treviranus fut ainsi le premier à signaler les doubles contours de la fibre nerveuse.

Prévost et Dumas ont interprété un peu différemment ces doubles contours. Pour eux, les tubes nerveux sont formés par quatre filaments accolés, dont les deux externes sont plus réfringents et formés de globules, tandis que les internes ne se voient pas toujours.

Dutrochet (23) fut impuissant, même avec l'aide de Prévost, à observer ces quatre fibres élémentaires, et Prévost lui-même dut convenir que la fibre nerveuse ne possédait pas l'organisation qu'il lui avait supposée.

Ehrenberg (10) attribua toute l'épaisseur des doubles contours à la membrane d'enveloppe de la fibre nerveuse, opinion que Krause (35) adopta quelque temps après.

Valentin (22) et Emmert (17) reconnurent l'existence d'une membrane sur les fibres cérébrales et périphériques. Le dernier de ces auteurs en traitant les nerfs de la grenouille au moyen de l'acide chlorhydrique, décrivit des étranglements qu'il attribua à la présence de fibres circulaires qui se contractent.

Enfin une observation d'Ehrenberg (15) devint bientôt le sujet des controverses les plus vives.

Ce savant avait annoncé l'existence de fibres variqueuses dans la substance corticale du cerveau; ces fibres étaient privées de contenu et ne possédaient que des parois tubulaires.

Ce fait fut successivement confirmé par J. Müller (11), Lauth (12), Volkmann (18), Langenbeck (19) et Remak (20). Plusieurs de ces auteurs rencontrèrent les mêmes fibres variqueuses dans les nerfs périphériques.

Remak (20) les considéra comme une phase du développement des fibres cylindriques. Valentin (13) ne tarda pas à soupçonner que cette variété de

» On rencontre dans le protoplasme un réseau fibrillaire, continu, que » nous désignerons, faute de meilleure expression, sous le nom de *réticulum*. » Les mailles de ce réticulum sont occupés par un liquide plastique granu- » leux, formant notre *enchylema* (1). «

La membrane cellulaire n'est que la portion périphérique condensée et différenciée du protoplasme cellulaire; elle présente par conséquent comme celui-ci un réticulum et un enchylème.

Quant au noyau, c'est » un corps *sui generis*, une manière de cellule en » miniature, jouissant d'une certaine autonomie, mais ne pouvant vivre qu'à » l'intérieur du protoplasme, et doué d'une structure particulière. On peut en » effet distinguer dans le noyau trois parties également organisées : une » *membrane*, une *portion protoplasmique* et un *élément nucléinien* (2). «

Cette organisation étant reconnue générale pour toutes les cellules, tant animales que végétales, comme notre savant maître J. B. Carnoy a été le premier à le démontrer, il importait de rechercher si le segment interannulaire possède une pareille structure.

C'est la tâche que nous nous sommes imposée. Mais, avant de faire connaître le résultat de nos propres recherches, nous croyons utile d'examiner les quelques données que nous fournit la littérature scientifique sur cette question intéressante.

(1) Carnoy : loc. cit., p. 195.

(2) J. B. Carnoy : loc. cit., p. 202. — Charles S. Minot, dont le nom fait autorité dans la science, vient de rendre un hommage mérité aux travaux de l'illustre biologiste de Louvain. Sa *Biologie cellulaire*, dit-il, est l'ouvrage le plus remarquable qui ait été publié sur l'organisation de la cellule. Voici ses paroles : « I refer to Carnoy's « Biologie cellulaire » which I venture to think the best general work yet published « on the structure of cells (Science, 6 août, 1886, p. 125). »

II. EXPOSÉ HISTORIQUE

DES DISPOSITIONS RÉTICULÉES OU FIBRILLAIRES OBSERVÉES DANS LA FIBRE NERVEUSE.

Stilling (66) fut le premier à décrire en détail une structure fibrillaire de la fibre nerveuse, et à considérer cette structure comme normale. Pour lui, » chaque fibre nerveuse primitive se trouve entièrement constituée » dans sa texture par un réseau très serré de tubes excessivement déliés, » s'anastomosant sans cesse les uns avec les autres et établissant des com- » munications multipliées entre la partie centrale de la fibre et sa partie » périphérique.

» De plus, ces tubes déliés vont d'une fibre primitive à l'autre, de » manière que le réseau d'une fibre primitive nerveuse communique avec » le réseau d'une autre fibre nerveuse voisine.

» Les tubes très déliés qui composent chaque fibre nerveuse primitive, » contiennent le liquide nerveux d'apparence huileuse, qu'on croyait être » libre dans l'espace qui sépare l'enveloppe d'avec le cylindre-axe [1]. «

Ces apparences, sur lesquelles Stilling établit sa théorie des *Elementarröhrchen*, avaient déjà été observées et décrites par un grand nombre d'auteurs, et doivent être attribuées aux modifications subies par la myéline sous l'action de l'eau ou des réactifs aqueux.

C'est ainsi qu'il faut entendre également les diverses striations signalées successivement par Purkinje, Rosenthal, Bruns; les fibres ou fibrilles élémentaires entrevues par Remak, Valentin, Henle, Wagner, etc.; et les fils ou canaux tortueux de Fontana et Treviranus. Dans son grand mémoire sur la structure de la moelle épinière (1859), Stilling a exposé toute la littérature concernant sa théorie des *Elementarröhrchen*. Nous croyons inutile de la reproduire ici en détail.

Cette théorie fut vivement attaquée, et le réseau de Stilling fut considéré comme une disposition artificielle déterminée par la coagulation de

---

[1] Stilling : Comptes-rendus, t. 41, pp. 828-829.

» une vésicule close par une membrane solide, renfermant un liquide » dans lequel nage un noyau pourvu d'un nucléole et où peuvent se rencon- » trer divers corps figurés (1). «

Les travaux des botanistes eurent la plus heureuse influence sur les recherches de Schwann, et ce savant fut le premier à reconnaître la part qui revient aux observations de Schleiden dans sa conception de la théorie cellulaire. Il utilisa très heureusement leurs découvertes, reconnut l'identité de structure des cellules de la corde dorsale et des cellules végétales, et il soupçonna immédiatement que les animaux, de même que les plantes, étaient exclusivement formés de cellules.

Certes Schwann ne fut pas le premier à découvrir chez les animaux des éléments utriculaires, analogues aux cellules observées dans les plantes. Bien avant lui, Wolff (192) avait signalé les vésicules qui constituent les feuillets primitifs de l'embryon, aux dépens desquels se forment tous les organes de l'animal. Raspail (203) et Dutrochet (194) avaient déjà émis l'idée que les animaux présentaient une constitution utriculaire semblable à celle des plantes. « La nature, écrit Dutrochet, possède un plan uniforme pour la structure intime des êtres organisés animaux et végétaux. »

De Quatrfages (198) et Dumortier (199) avaient fait sur les œufs des mollusques des observations identiques à celles de Wolff. Enfin, J. Müller, Valentin, Turpin (200), Henle, etc., avaient attiré l'attention des savants sur des éléments trouvés dans certains tissus animaux, et qui présentaient une structure analogue à celle des tissus végétaux. Telles étaient les cellules de la corde dorsale, les cellules épidermiques, les cellules du cartilage, etc.

Le grand mérite de Schwann a été, non pas d'avoir découvert ou décrit la cellule animale, mais d'avoir démontré que tous les tissus animaux, quelque variés qu'ils soient dans leur texture ou dans leurs différentiations, sont formés de cellules ou de produits de cellules.

C'est dans le cours de ses recherches qu'il a été amené à étudier la structure de la fibre nerveuse, et qu'il en a donné une description si remarquable au point de vue de la théorie dont il était le promoteur.

Il reconnut l'existence de la membrane d'enveloppe, imparfaitement observée par ses prédécesseurs. Il la décrivit comme il suit : » eine structurlose

(1) Cette définition, ainsi que les données concernant l'histoire de la cellule en général, sont empruntées au magistral exposé historique que J. B. Carnoy a tracé dans sa *Biologie cellulaire*.

» fein granulirt aussehende eigenthümliche Haut, die als ein schmaler, » heller Saum erscheint, welcher sich deutlich von den dunkleren Contouren » der weissen Substanz unterscheidet (1). «

Cette membrane a conservé le nom de celui qui l'a si admirablement observée et décrite (2).

A l'intérieur de cette membrane se trouve la couche de substance blanche graisseuse qui constitue une formation secondaire, *eine sekundäre Ablagerung*. C'est à la présence de cette substance réfringente que les fibres nerveuses doivent leurs doubles contours si nets et leur apparence tubulaire. Schwann signala et figura également des interruptions dans la couche de substance grasse, mais n'en proposa aucune interprétation.

Il reconnut en outre la présence des noyaux, immédiatement en dessous de la membrane d'enveloppe, entre celle-ci et le manchon de substance blanche. Ces noyaux sont d'autant plus nombreux que la fibre nerveuse est moins avancée dans son évolution, et que la substance blanche est moins abondante.

Cette observation fut aussitôt confirmée par Rosenthal (33).

Enfin le reste du contenu du tube nerveux serait formé par le cordon primitif de Remak. Ce cordon est constitué par une substance solide. Toutefois Schwann a soin d'ajouter que pour démontrer l'exactitude de cette interprétation, il faudrait instituer de nouvelles recherches; car, dit-il, pour arriver à une certitude sur un point aussi important, il faut absolument pouvoir s'appuyer sur des observations plus nombreuses et plus concluantes.

Enfin, à la suite de ses études sur l'histogénèse des nerfs, il attribua la constitution cellulaire à la fibre nerveuse : » Jede Nervenfaser, écrit-il, » in ihrem ganzen Verlaufe ist eine sekundäre Zelle, enstanden durch Ver- » schmelzung primärer, mit einem Kern versehener Zellen (3). «

Schwann fut ainsi le premier à assimiler la fibre nerveuse à une cellule ordinaire, telle qu'on la concevait à son époque. Cette conclusion fut d'autant plus importante que, à partir de Schwann, elle domina tous les travaux qui furent exécutés sur les nerfs.

---

(1) Schwann : loc. cit., p. 174.

(2) Krause (182) a tout récemment mis en doute le fait que Schwann aurait observé la membrane qui porte son nom. Les appareils optiques dont il pouvait disposer à l'époque où il fit ses observations, étaient insuffisants pour reconnaître cette membrane; il est plus que probable, d'après lui, que c'est la membrane de Henle que Schwann a reconnue.

(3) Schwann : loc. cit., p. 175.

Les auteurs qui le suivirent se bornèrent à discuter sur la nature exacte et la structure intime des éléments constitutifs de la fibre nerveuse. Nous exposerons rapidement les diverses opinions, en insistant plus particulièrement sur les observations qui peuvent intéresser la constitution cellulaire de la fibre nerveuse. Nos idées sur la cellule en général ayant subi certaines modifications depuis l'époque de Schwann, nous aurons soin de démontrer que les recherches faites dans ce domaine s'accordent toutes à conserver à la fibre nerveuse la constitution cellulaire que Schwann lui avait reconnue.

Sa description ne fut pas unanimement adoptée. Un des points les plus contestés fut l'existence même du cylindre-axe. Cet élément ne s'observant bien qu'après la mort de la fibre, après l'action de réactifs spéciaux, certains auteurs, comme Henle (36) et Valentin (37), en attribuèrent l'apparition à la coagulation du contenu du tube nerveux; d'autres, avec J. Müller et Hannover (41), nièrent résolument son existence.

Valentin (39) proposa bientôt une explication un peu différente : il supposa que la partie centrale possédait une tendance particulière à subir un processus de consolidation, opinion qui fut adoptée par Wagner (48, 57).

Henle (43, 51), s'appuyant sur des observations nouvelles, nia aussi la préexistence du cylindre-axe, en tant qu'élément distinct; Günther (44), Klein (49), Bidder et Volkmann (40, 50), Mulder (235), Donders et Moleschott, Gerlach (64) se rangèrent à l'opinion de Henle.

Cependant, en 1850, Kölliker (55) démontra de la façon la plus évidente l'existence du cylindre-axe dans les fibres de tout diamètre, sur les nerfs morts, sans addition de réactif, comme sur les fibres fraîches et à l'aide de réactifs convenables, et il lui attribua une composition protéique différente de la substance propre de la fibre.

Kölliker n'entraîna pas la conviction de Henle (56); celui-ci, recourant à des injections de graisse dans les vaisseaux capillaires, s'ingénia à obtenir des images analogues à celles que fournissent les fibres nerveuses.

Remak (59) publia bientôt le résultat de nouvelles recherches et décrivit son *Primitivband* comme un tube. Il lui reconnut positivement une membrane qui jusqu'alors n'avait été que soupçonnée. Il lui donna le nom de *Axenschlauch*. Cette membrane présente une striation longitudinale très régulière.

Cette opinion gagna tous les jours plus d'adhérents et Bidder lui-même, dans une série de dissertations de ses élèves [Owsjannikow (61), Kupffer (60),

Schilling (58), Metzler (68)], modifia sa première manière de voir et reconnut que le cylindre-axe est la partie principale de la fibre nerveuse. En 1857, il (71) alla même jusqu'à prétendre que c'est la seule partie essentielle de la fibre.

Après Henle, Funke (65), Krause (84) et Leydig (72) furent les seuls à se tenir dans l'opposition. Gerlach (79) lui-même, qui avait primitivement cru que le cylindre-axe consistait en une substance chimiquement différente de la composition élémentaire des parties périphériques de la fibre nerveuse, admit, à la suite de nouvelles observations, que l'*Axencylinder* n'est pas une portion de la moelle nerveuse, mais un élément morphologiquement indépendant et caractéristique.

La préexistence du cylindre-axe, en tant qu'élément constitutif essentiel de la fibre nerveuse, fut ainsi généralement adoptée par les histologistes. Mais sa structure intime donna lieu à de vives contestations. Trois explications principales furent proposées par les savants.

Les uns admirent l'homogénéité du cylindre-axe; tels furent Waldeyer (83), Henle (1) et Merkel (89), Beale (101), etc. D'autres lui attribuèrent une structure fibrillaire. Ce fut Max Schultze (81) qui reconnut le premier l'existence de fibrilles dans le cylindre-axe. Il émit cette opinion à la suite de ses belles recherches sur la muqueuse olfactive. Plus tard (90), il se basa sur les observations de Frommann (85) pour démontrer l'existence réelle de ces fibrilles. Il les appella *fibrilles primitives*. Schmidt considère ces fibrilles comme formées de granules disposés en séries et les assimile aux *sarcous elements* de Bowmann; il les nomme *nervous elements*. Ces granules sont disposés à égale hauteur sur les différentes fibrilles et déterminent une striation transversale.

Arndt (149) considère ces granules comme des *Elementarröhrchen* qui, éparpillés en tous sens dans le cylindre-axe, ne s'ordonnent qu'ultérieurement. Les fibrilles des auteurs ne sont pour Arndt qu'une substance fondamentale homogène.

Enfin, suivant une troisième opinion, le cylindre-axe serait formé par une membrane d'enveloppe avec un contenu homogène, d'après Remak (26, 31), Hannover (41), Mauthner (78, 82); ou un contenu fibrillaire, selon Frommann (85), Schultze (90), Grandry (91, 93) et Schmidt (103).

Pour compléter l'exposé des diverses théories qui concernent le cylindre-axe, citons encore quelques opinions un peu divergentes. Mulder (235),

(1) Henle renonce à l'opposition qu'il a faite à la préexistence du cylindre-axe.

Donders et Moleschott (52) considérèrent le cylindre-axe comme constitué par de la graisse; Fleischl (109) le décrivit comme étant un liquide, à cause des différences considérables de volume qu'il y observait sous l'action des réactifs; enfin Roudanowsky (94) crut que le cylindre-axe est formé d'une membrane possédant des noyaux et d'un contenu liquide.

La présence des noyaux sous la membrane de Schwann fut immédiatement confirmée par Rosenthal. Cependant certains histologistes : Henle, Günther (44), Kölliker (46) émirent des doutes au sujet de la réalité de cette disposition. Reissner (80), tout en constatant leur existence, déclara qu'ils ne pouvaient se trouver à l'intérieur de la membrane de Schwann, parce qu'on pouvait facilement les en séparer sans rompre sa continuité.

La couche médullaire donna naissance à moins de controverses. Mauthner constata, sur des préparations traitées par l'acide chromique, une disposition de la myéline en zones concentriques, zones qui toutefois ne constituent pas des cercles complets. Cette disposition, qui rappelle l'aspect décrit par Barba, fut reconnue également par Lister et Turner (74) et par Reissner.

Au sujet des rapports de contiguité de cette couche avec le cylindre-axe, les avis furent partagés. Remak (26, 31) et Wagner (48) soupçonnèrent entre ces deux éléments la présence d'une couche albuminoïde claire, intimement unie au cylindre-axe : probablement la membrane que Mauthner a décrite et qui a conservé son nom. Klebs (86) crut à l'existence d'un liquide périaxial, entre le cylindre-axe et la couche médullaire.

Signalons encore une particularité de la couche médullaire, déjà anciennement observée par Remak, Stilling (69), Lockhart Clarke (76), Henle et Merkel, mais que ces auteurs avaient mal interprétée.

La couche médullaire ne constitue pas un manchon homogène, continu. Elle est formée d'une série de segments, rangés les uns à la suite des autres, et séparés par des lignes claires, obliquement dirigées de la membrane de Schwann vers le cylindre-axe. » Ces segments, dit Ranvier, se recouvrent » comme les tuiles d'un toit et se terminent par des angles très aigus à la » face interne de la gaîne de Schwann d'une part, de l'autre à la surface du » cylindre-axe où ils forment sur une certaine longueur une gaîne très mince. «

Cette disposition a pour la première fois été bien observée et décrite par Zawerthal (104) et par Schmidt. Les segments ainsi formés ont été nommés *indentations or fissures* par Lockhart Clarke, nom que Schmidt leur a conservé. Remak (20) les avait dessinés avec une grande exactitude en 1836.

La membrane d'enveloppe est peut-être le seul élément constitutif de la fibre nerveuse dont l'existence, au sens de Schwann, n'ait pas été contestée. » La *gaîne cellulaire* d'une fibre nerveuse, dit Hannover, doit être » mise en parallèle à la *membrane cellulaire* d'une cellule (1). «

Seule, sa structure a fait l'objet de quelques observations. Un grand nombre d'histologistes y ont décrit une apparence fibrillaire : Remak, Henle, Wagner; une striation longitudinale : Purkinje, Rosenthal, Bruns (38); un double système de fibres se croisant autour du tube nerveux : Valentin (22); des fils ou des canaux tortueux : Fontana, Treviranus.

Valentin et Remak crurent que les fibrilles qu'ils observaient dans la membrane de Schwann étaient de nature conjonctive.

Hannover, Volkmann (42), Todd et Bowmann (45), Schaffner (47) reconnurent l'exactitude de la description de Schwann, mais ce fut surtout Kölliker (53) qui démontra que les apparences signalées par les auteurs étaient dues à des plis de la membrane de Schwann et à la coagulation de la moelle nerveuse sous l'action des réactifs.

Nous savons à quelle fausse interprétation a donné naissance la manière de se comporter de la couche médullaire vis-à-vis des réactifs. Déjà Leeuwenhoek avait signalé la coagulation de la moelle nerveuse. Ses successeurs attribuèrent une constitution globulaire au contenu de la fibre qu'ils observaient après l'action de l'eau.

Ehrenberg (15) fut le premier qui donna une bonne description des figures de la moelle coagulée. » Das Mark, dit-il, ist eine aus kleinen rund- » lichen, jedoch wenig regelmässigen Partikeln bestehende, zuweilen netzför- » mig oder streifig zertheilte Masse. «

Treviranus (14) décrivit également des *Elementarcylindern* dans la couche médullaire. Enfin c'est à une semblable transformation de la moelle qu'est due l'apparence particulière que Gerber (9) et Valentin ont considérée comme étant déterminée par un épithélium vibratile à l'intérieur de la fibre nerveuse.

Henle contribua beaucoup, dans son *Anatomie générale* et dans son *Compte rendu annuel pour* 1844, à établir la théorie de la coagulation de la couche médullaire sous l'influence des réactifs. Mais Hannover nia positivement cette coagulation. » Quant à la dénomination *coagulation* de la moelle, » dit-il, bien qu'elle soit admise généralement, elle est cependant plutôt une

(1) Hannover : Recherches microscopiques, etc., p. 29, note.

» séparation et accumulation d'un fluide huileux qu'un figement (comme » par exemple, celui du blanc d'œuf) (1). «

Pour Mulder, la moelle nerveuse est un mélange de graisse, d'albumine et d'eau, mélange homogène pendant la vie, mais dont les éléments se séparent après la mort. Les modifications cadavériques que subit la couche médullaire ne sont donc pas dues à un processus de coagulation. Bidder et Stilling se rangèrent aussi à cette manière de voir.

Cependant la théorie de la coagulation de la moelle est encore aujourd'hui généralement admise dans les traités classiques, pour expliquer les formes particulières que cette couche prend sous l'action des réactifs aqueux : Frey, Kölliker, Krause, Gerlach (79), Schwalbe, etc. Pour Gerlach, la composition de la moelle consiste non en une graisse, mais en une substance albuminoïde; celle-ci, d'après Lehmann, serait très analogue à la myosine, sans toutefois lui être identique.

Virchow (236) donna à la substance grasse de la fibre nerveuse le nom de *myéline*.

En ce qui concerne la structure intime de la couche médullaire, nous ne pouvons guère citer que les travaux de Stilling. Nous nous réservons de les analyser plus loin en détail.

En résumé, Schwann a donné de la structure intime de la fibre nerveuse une description si exacte et si complète que, malgré les nombreuses contestations qui se sont produites, la deuxième période se termine par une confirmation éclatante de ses observations.

Si nous voulions résumer nos connaissances sur la fibre nerveuse à la fin de la deuxième période, nous pourrions reproduire la description de Schwann, à laquelle nous n'aurions que bien peu de chose à ajouter. Il nous suffirait de signaler la fibrillation du cylindre-axe, l'existence de la membrane de Mauthner et des incisures obliques de Schmidt, détails de structure qui ne modifient en rien la conception cellulaire de la fibre nerveuse esquissée par Schwann.

Seule une observation de Deiters (87), sur la signification morphologique du cylindre-axe, vint modifier la conception de Schwann. Deiters décrivit, dans les cellules ganglionnaires des centres nerveux, deux ordres de prolongements, dont l'un, toujours unique pour chaque cellule, se distingue des autres en ce qu'il reste indivis sur tout son parcours et se continue avec le cylindre-axe d'une fibre nerveuse. Deiters le nomme pro-

(1) Hannover : Loc. cit., p. 30.

longement cylindre-axile, *Axencylinderfortsatz*, de la cellule nerveuse. Bidder et Kupffer (71) avaient également déjà supposé que le cylindre-axe se développait sous la forme d'un prolongement d'une cellule nerveuse ganglionnaire.

D'après cela, la fibre nerveuse serait constituée de deux éléments distincts, indépendants l'un de l'autre, tant au point de vue morphologique qu'histogénique, et le cylindre-axe ne ferait plus partie intégrante de la cellule-fibre nerveuse, comme Schwann l'avait supposé. Nous verrons bientôt, en analysant les travaux de L. Ranvier, quel parti cet auteur a tiré de cette observation de Deiters, pour établir sa nouvelle conception de la constitution cellulaire de la fibre nerveuse.

Troisième période.

De Ranvier (1871) jusqu'à nos jours.

En dissociant un nerf et en le soumettant à l'action du picrocarminate d'ammoniaque, du nitrate d'argent ou de l'acide osmique, L. Ranvier (95-96) observa que la membrane de Schwann présentait à des intervalles réguliers des points rétrécis, au niveau desquels la couche médullaire était complétement interrompue. Ces rétrécissements, auxquels il donna le nom d'étranglements annulaires, sont déterminés par des replis de la membrane de Schwann à l'intérieur du tube nerveux.

Ces replis s'arrêtent contre le cylindre-axe, de sorte que celui-ci se poursuit sans interruption dans toute la longueur de la fibre. Au niveau de l'étranglement annulaire, il existe un » renflement biconique « que traverse le cylindre-axe et qui » correspond à un ciment intercellulaire (1). «

La portion du tube nerveux comprise entre deux étranglements annulaires, porte le nom de segment interannulaire. Ces segments, chez un même animal et sur des tubes nerveux d'égal diamètre, ont à peu près la même longueur.

Ranvier fit en outre cette observation intéressante que chaque segment interannulaire possédait un seul noyau de la membrane de Schwann, placé presque à égale distance des deux étranglements annulaires.

Enfin une masse de protoplasme entoure ce noyau et se prolonge en une couche mince qui double la membrane de Schwann dans toute son

(1) Ranvier : Traité technique, p. 729.

étendue. Au niveau des étranglements, elle se replie pour se continuer avec la membrane protoplasmique de Mauthner, qui constitue une enveloppe distincte autour du cylindre-axe.

» Il résulte de ces faits que le segment interannulaire des tubes ner-
» veux représente une cellule. Celle-ci est comparable à la cellule adipeuse...
» La membrane de Schwann correspond à la membrane de la cellule adi-
» peuse; le noyau et le protoplasme du segment interannulaire sont sem-
» blables au noyau et au protoplasme qui doublent la membrane de la cellule
» adipeuse; enfin la myéline est l'analogue de la graisse (1). «

Quant au cylindre-axe, ce serait un prolongement d'une cellule des centres nerveux, comme l'avait annoncé Deiters. Les segments interannulaires lui constitueraient une enveloppe protectrice et isolante, dans laquelle il serait « simplement contenu à la manière d'un organe, dans un sac séreux,
» comme le sont, par exemple, les vaisseaux et les nerfs qui traversent le
» sac lymphatique dorsal de la grenouille.«

» Les incisures obliques paraissent dépendre des cloisons incomplètes
» qui s'étendent entre ce qu'on pourrait appeler les feuillets viscéral et pa-
» riétal de la lame protoplasmique du segment interannulaire..... En nous
» plaçant seulement au point de vue de la morphologie, nous sommes con-
» duit à penser qu'elles sont de simples dépendances du protoplasme des
» segments(2). «

Axel Key et Retzius (99), ainsi que Sigmund Mayer (102) confirmèrent immédiatement les observations de Ranvier, et décrivirent à leur tour les étranglements annulaires de la membrane de Schwann.

Cette disposition avait d'ailleurs été vue et figurée par les auteurs qui ont précédé Ranvier : Henle, Eickhorst (107), Ecker (62), Neumann (92); mais aucun d'eux n'en avait compris la signification, et même la plupart avaient omis de les décrire.

Quelques-uns avaient attribué ces interruptions de la couche médullaire à des déformations artificielles (Neumann, Eickhorst), ou à des retraits dûs à la coagulation sous l'action des réactifs. C'est ainsi que Czermak (54), qui les a le mieux observées et figurées, les signala comme des échancrures, *Einschnürungen*, ou des rétrécissements, *Verengerungen*, déterminés par le sublimé corrosif dont il s'était servi dans ses recherches sur les nerfs de la peau des grenouilles.

(1) Ranvier : Leçons, etc., pp. 140-141.
(2) Ranvier : Traité technique, pp. 774-775.

C'est donc à Ranvier que revient le grand mérite d'en avoir compris le premier la véritable signification et d'en avoir proposé une interprétation scientifique.

Malgré les confirmations de Axel Key et Retzius et de Mayer, les observations si intéressantes de Ranvier ne furent pas unanimement adoptées par les histologistes.

C'est ainsi que Lanterman (122), Toel (110), Boguslawski (116) Axel Key et Retzius (124, 125) signalèrent bientôt la présence de plusieurs noyaux dans un même segment interannulaire chez certains animaux et principalement chez les poissons osseux.

Lanterman alla même jusqu'à considérer comme une disposition générale la présence d'un noyau pour chaque segment cylindro-conique. » Man sieht nämlich dieselben (die Kerne) an manchen Präparaten derart » disponirt, dass auf jedes Faser je ein Kern kommt.... Ich constatirte » dasselbe aber so oft, dass ich nicht zweifle, die Kerne seien meist so » angeordnet, und jedes Faserglied entspreche einer Kernabtheilung der » markhaltigen Nerven faser (1). «

Enfin Adamkiewicz (179, 180) admet également l'existence de plusieurs noyaux dans le segment interannulaire. Il distingue le noyau de la gaîne de Schwann et les noyaux des »corpuscules nerveux«. Ces noyaux-ci n'ont aucun rapport avec la gaîne de Schwann, tandis que le premier fait partie intégrante de cette membrane et ne peut en être séparé qu'aux dépens de de son intégrité. Cette dernière assertion, que Key et Retzius avaient déjà avancée, est erronnée. Nous discuterons plus loin la signification des corpuscules nerveux décrits par Adamkiewicz.

Les histologistes ne se sont pas encore mis d'accord sur la véritable structure du cylindre-axe. Les uns, adoptant la manière de voir de Schultze, reconnaissent la présence de fibrilles dans le cylindre-axe [v. Töröck (100), Hans Schultze (132), Tizzoni (133, 134), Lavdowski (139), Engelmann (150), Frey (130, 186), etc.]; d'autres croient qu'il est formé de granules ou de fibrilles disposées en séries linéaires dans une substance fondamentale homogène [Tamamschef (98), Todaro (97), Axel Key et Retzius, etc.].

La substance interfibrillaire est granuleuse, d'après Hans Schultze. Mais Jacobi (189) prétend que cet aspect granuleux est déterminé par l'action des réactifs; pour lui cette substance fondamentale est complétement homogène.

(1) Lanterman : Archiv f. mikr. Anat., Bd. XIII, p. 3.

Kupffer (162), Maley (163), Boveri (176,177) déclarent qu'un cylindre-axe solide est un produit artificiel, que les fibrilles flottent librement dans un liquide albuminoïde coagulable, auquel Kupffer a donné le nom de *Nervenserum*.

Enfin certains auteurs nient absolument la structure fibrillaire et déclarent que le cylindre-axe est un cordon homogène, tels sont : Boll (126, 127), Kühne et Steiner (140). Pour Kühne le cylindre-axe est » eine homogene, » fast weiche, ziemlich elastische, bald fein, bald grob granulirte Masse. « L'apparence fibrillaire est due à des plis de la membrane du cylindre-axe, opinion que Rumpf partagea, mais que Hesse combattit. Boll adopte la manière de voir de Fleischl : pour lui, le cylindre-axe est un liquide qui ne contient aucun élément fibrillaire. Mais tout récemment Kölliker (181) s'est élevé contre cette assertion et a déclaré que » die Achsencylinder kein » flüssiger, sondern ein fester Bestandtheil der Nervenfasern sind. Meinen » neueren Erfahrungen zufolge, dit-il, bestehen die Achsencylinder aus » Fibrillen und einer Kittsubstanz, dagegen ist mir die Existenz einer » Scheide derselben bis anhin noch zweifelhaft geblieben, und einen peri- » axialen Raum leugne ich bestimmt (1). « Pour ce qui concerne les fibrilles, il partage l'opinion de Max Schultze : ce sont des éléments normaux du cylindre-axe.

Enfin, d'après Jacobi, le cylindre-axe est un élément de consistance molle. Les fibrilles ne flottent pas dans un sérum, mais sont réunies par une substance intermédiaire homogène, qui possède une consistance à peu près égale à celle des fibrilles.

L'existence d'une gaîne d'enveloppe est généralement admise autour du cylindre-axe [Tamamschef, Todaro (97), Kuhnt (117, 118), Boll, Axel Key et Retzius, Rumpf (135), Kühne et Steiner, etc.]. Tamamschef la considère comme de nature conjonctive. » Das Nervenrohr, dit-il, besteht » aus einer äusseren als Neurilem bezeichneten, und einer inneren dem » Achsencylinder angehörigen, Hülle bindegewebiger Natur.« Et plus loin il ajoute : » Was den Achsencylinder anlangt, so ist derselbe von einer » Hülle umgeben, welche ausserordentlich zart und dünn ist und elastiche » Eigenschaften besitzt(2).«

De même Lavdowski (174) prétend que la membrane d'enveloppe du

(1) Kölliker : Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 43, pp. 27-28.

(2) Tamamschef : Centralb. f. d. med. Wiss., 1872, nº 32, p. 594.

cylindre-axe, ainsi que la membrane de Schwann, est constituée chez tous les vertébrés par un tissu élastique, fort épais, sans structure et parfaitement homogène.

Axel Key et Retzius, ainsi que Rumpf, attribuent à la présence d'une gaîne d'enveloppe, la striation et les croix de Ranvier déterminées par le nitrate d'argent. De même Lavdowski (123) explique les stries de Frommann par des plis de la membrane de Mauthner; pour lui, le cylindre-axe est » eine röhrenartige Bildung, eine hohle Bildung welche die bekannten » feinsten Fäden (Primitivfibrillen) in sich enthält (1).«

Hans Schultze admet aussi l'existence de l'*Axencylinderscheide* et l'identifie avec l'*innere Hornscheide* de Ewald et Kühne, opinion dont Kühne (140) lui-même a démontré la fausseté.

Kühne et Steiner décrivent une membrane d'enveloppe spéciale, à laquelle ils donnent le nom d'*Axolemm* et qu'ils distinguent de la membrane généralement admise par les auteurs. Elle correspond peut-être à celle que Kuhnt a signalée; Boveri en conteste l'existence.

D'après Jacobi, la membrane du cylindre-axe est formée de segments interannulaires qui, probablement, sont tout-à-fait indépendants les uns des autres.

Kölliker, dans son dernier mémoire, conclut comme suit au sujet de la membrane d'enveloppe du cylindre-axe : » Immerhin ist so viel sicher, » dass die grosse Mehrzahl der in der verschiedensten Weise dargestellten » Achsencylinder keine Spur einer Umhüllungsmembran zeigt(2). «

Jacobi (189), comme Boveri, croit que la membrane qu'il aperçoit au niveau de l'étranglement annulaire, est identique à ce que les auteurs ont tour à tour nommé *Axencylinderscheide*, *Axolemm*, *innere Hornscheide*, etc., mais il déclare n'avoir jamais pu reconnaître l'existence d'une couche protoplasmique entre le manchon de myéline et le cylindre-axe, couche qui, d'après Ranvier, constituerait la membrane de Mauthner. Maley a émis une semblable opinion.

Engelmann (119), à la suite de ses recherches sur la dégénération des fibres nerveuses, a signalé une disposition du cylindre-axe, qui est en complète opposition avec les observations de Ranvier. Pour lui, le cylindre-axe est interrompu au niveau de chacun des étranglements annulaires. Boll a

(1) Lavdowski : Archiv f. mikr. Anat., Bd. XIII, p. 524.

(2) Kölliker : Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 43, p. 30.

décrit également une discontinuité du cylindre-axe, due à une autre disposition. Chez les jeunes torpilles, il a observé que le noyau était situé au centre de la fibre nerveuse et interrompait ainsi le cylindre-axe dans sa continuité, les fibrilles de celui-ci s'arrêtant aux deux côtés du noyau. Le cylindre-axe ne devient un élément continu que lorsque le noyau s'est porté à la périphérie de la fibre.

Kölliker signale aussi des interruptions du cylindre-axe, non seulement au niveau de l'étranglement annulaire, mais encore dans l'espace compris entre deux étranglements, aux environs des incisures de Schmidt-Lanterman. Il se présente même des cas, dit-il, où à chaque incisure correspond une interruption du cylindre-axe. Ne les ayant observées que sur des nerfs qui ont subi une certaine manipulation et jamais sur des fibres fraîches, ni sur des cylindres-axes isolés, il conclut en déclarant que ce sont des produits artificiels, opinion que Jacobi a tout récemment adoptée. Lavdowski (174) conteste de même la discontinuité du cylindre-axe au niveau des étranglements annulaires.

Arndt (149) et Adamkiewicz (179) ont également décrit des noyaux contenus dans le cylindre-axe sur des nerfs normaux et pathologiques. Mais Kölliker déclare que le seul exemple de cette disposition qu'il ait observé, est loin d'avoir entraîné sa conviction et il conclut : » Sicher » ist auf jeden Fall so viel, dass die Achsencylinder typisch keine Kerne » führen [1]. «

Jacobi prétend que les noyaux signalés par Adamkiewicz sont dûs à l'action de la solution de Müller. Le cylindre-axe se rétracte souvent irrégulièrement sous l'action de l'acide chromique et de ses sels, et ce sont ces points plus rétractés qui ont été pris pour des noyaux.

Quoi qu'il en soit, le cylindre-axe, dont la préexistence a été contestée pendant de longues années, est considéré aujourd'hui comme l'élément principal de la fibre nerveuse. Sa structure et sa signification morphologique peuvent seules encore fournir matière à discussion.

L'existence des incisures a aussi fait l'objet de controverses : plusieurs auteurs les considèrent comme des produits artificiels, non préformés, déterminés par la décomposition de la moelle nerveuse sous l'action des réactifs ou à la suite d'un accident de préparation [Axel Key et Retzius, Hesse, Hennig (128), Rawitz (141), Frommann (167, 168), Cossy et Dejerine (114),

[1] Kölliker : Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 43, p. 31.

etc.]. Boll a émis un avis opposé. Ce fut Stilling (69) le premier qui les observa, sans toutefois y attacher aucune importance. Zawerthal (104), qui les décrivit ensuite en détail, en proposa une interprétation inexacte. Il crut que ces segments cylindro-coniques constituaient des cellules conjonctives aplaties qui, placées les unes à côté des autres, en se recouvrant comme les tuiles d'un toit, formaient par leur ensemble la membrane de Schwann. Pour Schmidt, au contraire, cette segmentation était due à la production de plis dans la couche médullaire.

Lanterman considère les incisures obliques comme des formes spéciales des étranglements annulaires, et le segment cylindro-conique comme l'élément fondamental constitutif de la fibre nerveuse.

Enfin Lanterman, Kühne, Koch (142), Lavdowski, Schou (170), observant cette disposition sur des fibres vivantes, sans addition de réactif, ont mis hors de doute leur existence à l'état normal. Hennig et Kölliker déclarent au contraire n'avoir pu constater la présence des incisures de Schmidt-Lanterman sur des fibres fraîches et, conséquemment, ne les considèrent pas comme des éléments normaux. Toutefois, à raison de leur régularité, Kölliker leur reconnaît une certaine importance pour la structure et le mode de décomposition de la couche médullaire.

Jacobi émet une opinion analogue : bien que les incisures de Lanterman ne se voient pas sur des fibres vivantes non lésées, il les considère pourtant comme préformées, parce qu'il a pu constater les *Zwischenmarkscheide* de Kuhnt sur quelques coupes longitudinales de fibres nerveuses. Ces *Zwischenmarkscheide* sont des formations très délicates, qui n'opposent qu'une résistance fort faible à l'écoulement de la myéline sous l'action de l'eau.

Bikfalvi (172) regarde au contraire les incisures comme dues à des modifications de la moelle nerveuse après la mort (coagulation de la myéline).

Cette disposition est due, suivant Kuhnt, à la présence de membranes intermédullaires (*Zwischenmarkscheide*), tendues sous la forme d'entonnoirs entre le cylindre-axe et la membrane de Schwann : opinion qu'a confirmée tout dernièrement Boveri. Mais Frey (186) conteste absolument que le névrilème pénètre dans les intervalles des segments cylindro-coniques.

D'après Schou, les incisures obliques sont remplies par une substance sans structure, telle que de la lymphe, ou un produit de décomposition de la myéline. L. Gerlach (136) et Koch admettent l'existence d'une substance unissante (*Kittsubstanz*) entre les segments cylindro-coniques. Pour Rumpf, les *Zwischenmarkscheide* ne sont pas des membranes, mais des travées de

nature cornée, disposées entre les deux *Hornscheiden* de Ewald et Kühne. Lavdowski est porté à les considérer comme des travées protoplasmiques.

La discontinuité de la couche médullaire au niveau des étranglements annulaires, que Ranvier a décrite comme une disposition générale, a été niée par Axel Key et Retzius, par Rouget (111), Kuhnt, Hennig, qui ont signalé des *unvollständige Einschnürungen,* à travers lesquels le cylindre-axe passe accompagné d'une mince couche médullaire. Toutefois Ranvier a démontré que ces étranglements incomplets doivent être attribués à des préparations imparfaites, et il a décrit les conditions dans lesquelles on peut les reproduire.

Enfin Morochowetz (137) rappelle l'opinion de Klebs sur l'existence d'un espace périaxial, seulement il la modifie en ce sens qu'il n'admet pas un espace continu, mais une série de canaux placés les uns au-dessus des autres, comme des anneaux autour du cylindre-axe. Axel Key et Retzius au contraire sont portés à admettre l'espace tel que Klebs l'a décrit, mais ils avouent ne pouvoir en démontrer l'existence d'une manière évidente. Kölliker en nie l'existence.

Une question sur laquelle les auteurs ne semblent pas encore s'être mis d'accord, est celle des modifications subies par la myéline après la mort, ou sous l'action des réactifs. Malgré les observations de Ranvier, les histologistes sont encore portés à reconnaître que ces modifications sont dues à une coagulation de la couche médullaire (Schwalbe, Frey, etc.). Ainsi Frey maintient, dans ses dernières éditions, la théorie de la coagulation. Kölliker a prétendu récemment que les altérations cadavériques de la myéline ne sont pas le résultat d'une coagulation, mais dépendent de la séparation de ses divers éléments chimiques.

La membrane de Schwann a suscité moins de divergences d'opinions. Ranvier admet la discontinuité de cette membrane, mais il croit que, au niveau de chaque étranglement annulaire, elle se replie pour aller se terminer par un bord libre contre le cylindre-axe. » Il y a, dit il, au niveau de » chaque étranglement une soudure qui la divise en autant de portions que » le tube nerveux contient de segments interannulaires (1). «

Boll, Rawitz et Jacobi, au contraire, prétendent que la membrane de Schwann passe sans interruption au niveau des étranglements. Pour Adamkiewicz, la membrane de Schwann serait composée de deux lamelles, une

(1) Ranvier : Leçons, etc , p. 111.

externe qui se continuerait sans s'infléchir au niveau des étranglements annulaires, et une interne qui se replierait pour former le renflement biconique. C'est entre ces deux lamelles qu'Adamkiewicz place les noyaux de la membrane de Schwann; ils représentent, d'après-lui, des éléments constitutifs de celle-ci et on ne peut les en séparer qu'aux dépens de sa continuité. » Sie » liegen, dit-il, in dieser Membran selbst und zwar in einer sehr feinen » äusseren Lamelle derselben, die gewöhnlich nicht zu sehen ist, die man » aber in einer Ranvier'schen Einschnürung leicht erkennen kann (1) «

Dans un travail tout récent, Boveri émet une autre idée sur la constitution de la membrane de Schwann. Pour lui, chaque segment interannulaire possède une membrane propre. Celle-ci se replie au niveau de l'étranglement pour se continuer le long du cylindre-axe qu'elle recouvre dans toute son étendue sous forme d'une mince membrane. Le segment interannulaire doit donc être considéré comme une cellule de revêtement, *Scheidenzelle*.

Kölliker nie cette disposition.

Lavdowski (123, 139) a proposé une hypothèse nouvelle sur la signification du » renflement biconique « de Ranvier. » Diese *Schnürringscheibe*, » welche von Axencylinderstrang durchbohrt wird, liege sie im Schnürring » oder nicht, stellt nun eine besondere Verdickung der Axencylinderscheide » dar. Ich finde also die Schnürringscheibe der Autoren als eine Adnexe » der dem Axencylinder gehörigen Membran (2). «

D'après Hesse, le manchon de myéline n'est interrompu, au niveau de l'étranglement annulaire, que par une simple couche de protoplasme qui ne présente guère de résistance à l'écoulement de la myéline; tandis que Rawitz prétend que l'étranglement est formé par un anneau de substance claire qui entoure le cylindre-axe, et interrompt la continuité de la couche médullaire. A ce niveau, la membrane de Schwann présente un épaississement annulaire qui rétrécit la lumière de la fibre.

Kölliker au contraire ne considère pas ce renflement comme une formation typique. Pour lui, il est formé d'une substance qui entoure immédiatement le cylindre-axe, et qui joue probablement un certain rôle dans les échanges organiques qui se produisent au niveau des étranglements. De même Tizzoni et Mondino nient que ce renflement soit une production normale.

(1) Adamkiewicz : Sitzungsber. d. k. Akad., Wien, Bd. 91, pp. 278-279.

(2) Lavdowski : Centralbl. f. d. med. Wiss , 1879, p. 867.

On voit par ce court exposé des différentes opinions qui ont été émises sur la structure ou la disposition des éléments de la fibre nerveuse, que l'interprétation de Ranvier sur le segment interannulaire est loin d'avoir été unaniment acceptée par les histologistes. L'assimilation du segment interannulaire à une cellule adipeuse perforée et traversée par le cylindre-axe rencontra peu d'adhérents. Plusieurs autres interprétations furent proposées.

Axel Key et Retzius considérèrent comme faisant partie du segment interannulaire la membrane de Schwann avec son noyau et sa mince couche protoplasmique. Cet ensemble constituerait une cellule analogue à une cellule endothéliale. Cette manière de voir a été adoptée dans la plupart des traités classiques d'histologie.

Pour Engelmann, cependant, toute la partie comprise entre deux étranglements : membrane de Schwann, couche médullaire et cylindre-axe, appartiendrait à une cellule. Cet auteur a été amené à une semblable conception à la suite de ses recherches sur la discontinuité du cylindre-axe ; mais cette opinion ne fut guère acceptée.

Enfin Boveri a proposé une théorie qui se rapproche davantage de celle de Ranvier. Au lieu de supposer, comme ce dernier, que le cylindre-axe traverse, en le trouant, le segment interannulaire, il considère celui-ci comme étant une cellule tubulaire, *eine röhrenförmige Zelle*, recouverte partout par la membrane de Schwann tant à sa face externe qu'à sa face interne.

Les faits exposés par Ranvier sont donc susceptibles de plus d'une explication. Cadiat (148), après avoir rapporté les travaux de cet auteur, termine comme suit sa description de la fibre nerveuse : » Les tubes, » d'après cette théorie (théorie de Ranvier), seraient donc formés de cel- » lules placées bout à bout, et chaque cellule aurait comme parties con- » stituantes, la gaîne de Schwann représentant la paroi; le noyau de cette » gaîne représentant le noyau de la cellule. Enfin le cylindre-axe et la » myéline seraient des formations intra-cellulaires[1]. « Cette théorie que Cadiat semble attribuer à Ranvier, certainement à tort, se rapproche de la théorie de Schwann qui, lui aussi, croyait que le cylindre-axe faisait partie intégrante des cellules du tube nerveux.

[1] Cadiat : Traité d'anatomie générale, etc., p. 183.

Quelque différentes que soient ces diverses conceptions, elles s'accordent toutes à reconnaître, dans le segment interannulaire, les trois éléments fondamentaux qui font partie d'une cellule-type : une membrane d'enveloppe, un protoplasme avec ou sans enclaves et un noyau. Nous avons vu que déjà Schwann avait démontré l'existence de ces trois éléments.

Mais, depuis cette époque, nos connaissances sur l'organisation et la structure intime du protoplasme et du noyau ont fait des progrès consisidérables.

Le protoplasme n'est plus une substance hyaline, homogène et sans structure, comme on l'admettait unaniment il y a quelques années et comme le définissent encore certains auteurs [Kollmann (220), Strasburger (221), etc.].

Déjà en 1844 Remak (1), en 1859 Stilling (75) et en 1864 Leydig (198) avaient observé une structure fibrillaire dans les cellules ganglionnaires, ainsi que dans les cellules de l'intestin du cloporte. Bientôt de 1865 à 1867, Frommann (206) considéra la structure fibrillaire comme une propriété générale de la matière vivante. Ces observations furent bientôt confirmées, et en partie rectifiées par Arnold (214), Klein (213, 222), Kupffer (208), Flemming (209, 212, 215, 223), Rauber (224), Schmitz (217), etc.

Nos connaissances sur la structure du noyau ont progressé dans la même mesure. Stilling (1859) fut le premier qui signala des filaments à l'intérieur du noyau; Frommann, Heitzmann, Hertwig (210, 211, 216), Flemming, Balbiani (219) (1880), Strasburger (225) (1882), Rauber (1882), observèrent également des corps figurés filamenteux dans la substance nucléaire.

Mais c'est surtout à J. B. Carnoy que revient l'honneur d'avoir déterminé, par des expériences précises, la nature véritable de ces corps figurés, en montrant que les uns appartiennent à l'élément nucléinien, les autres au caryoplasma nucléaire, et d'avoir fixé d'une manière définitive la constitution si controversée des nucléoles et de la vésicule germinative (2).

Nous résumerons nos connaissances actuelles sur l'organisation de la cellule en reproduisant la description que J. B. Carnoy (230) en donne dans sa *Biologie cellulaire*.

(1) Remak : *Neurologische Erläuterungen;* Müller's Archiv, p. 469, taf. XII, fig. 9, 1844.

(2) J. B. Carnoy : La Biologie cellulaire, pp. 205-258. — La cytodiérèse chez les arthropodes, pp. 197-209. — La vésicule germin. etc. de l'*Ascaris megalocephala*, pp. 3-15.

» On rencontre dans le protoplasme un réseau fibrillaire, continu, que » nous désignerons, faute de meilleure expression, sous le nom de *réticulum*. » Les mailles de ce réticulum sont occupés par un liquide plastique granu- » leux, formant notre *enchylema* (1). «

La membrane cellulaire n'est que la portion périphérique condensée et différenciée du protoplasme cellulaire; elle présente par conséquent comme celui-ci un réticulum et un enchylème.

Quant au noyau, c'est » un corps *sui generis*, une manière de cellule en » miniature, jouissant d'une certaine autonomie, mais ne pouvant vivre qu'à » l'intérieur du protoplasme, et doué d'une structure particulière. On peut en » effet distinguer dans le noyau trois parties également organisées : une » *membrane*, une *portion protoplasmique* et un *élément nucléinien* (2). «

Cette organisation étant reconnue générale pour toutes les cellules, tant animales que végétales, comme notre savant maître J. B. Carnoy a été le premier à le démontrer, il importait de rechercher si le segment interannulaire possède une pareille structure.

C'est la tâche que nous nous sommes imposée. Mais, avant de faire connaître le résultat de nos propres recherches, nous croyons utile d'examiner les quelques données que nous fournit la littérature scientifique sur cette question intéressante.

(1) Carnoy : loc. cit., p. 195.

(2) J. B. Carnoy : loc. cit., p. 202. — Charles S. Minot, dont le nom fait autorité dans la science, vient de rendre un hommage mérité aux travaux de l'illustre biologiste de Louvain. Sa *Biologie cellulaire*, dit-il, est l'ouvrage le plus remarquable qui ait été publié sur l'organisation de la cellule. Voici ses paroles : « I refer to Carnoy's « Biologie cellulaire » which I venture to think the best general work yet published « on the structure of cells (Science, 6 août, 1886, p. 125). »

II. EXPOSÉ HISTORIQUE

DES DISPOSITIONS RÉTICULÉES OU FIBRILLAIRES OBSERVÉES DANS LA FIBRE NERVEUSE.

Stilling (66) fut le premier à décrire en détail une structure fibrillaire de la fibre nerveuse, et à considérer cette structure comme normale. Pour lui, » chaque fibre nerveuse primitive se trouve entièrement constituée » dans sa texture par un réseau très serré de tubes excessivement déliés, » s'anastomosant sans cesse les uns avec les autres et établissant des com- » munications multipliées entre la partie centrale de la fibre et sa partie » périphérique.

» De plus, ces tubes déliés vont d'une fibre primitive à l'autre, de » manière que le réseau d'une fibre primitive nerveuse communique avec » le réseau d'une autre fibre nerveuse voisine.

» Les tubes très déliés qui composent chaque fibre nerveuse primitive, » contiennent le liquide nerveux d'apparence huileuse, qu'on croyait être » libre dans l'espace qui sépare l'enveloppe d'avec le cylindre-axe (1). «

Ces apparences, sur lesquelles Stilling établit sa théorie des *Elementarröhrchen*, avaient déjà été observées et décrites par un grand nombre d'auteurs, et doivent être attribuées aux modifications subies par la myéline sous l'action de l'eau ou des réactifs aqueux.

C'est ainsi qu'il faut entendre également les diverses striations signalées successivement par Purkinje, Rosenthal, Bruns; les fibres ou fibrilles élémentaires entrevues par Remak, Valentin, Henle, Wagner, etc.; et les fils ou canaux tortueux de Fontana et Treviranus. Dans son grand mémoire sur la structure de la moelle épinière (1859), Stilling a exposé toute la littérature concernant sa théorie des *Elementarröhrchen*. Nous croyons inutile de la reproduire ici en détail.

Cette théorie fut vivement attaquée, et le réseau de Stilling fut considéré comme une disposition artificielle déterminée par la coagulation de

(1) Stilling : Comptes-rendus, t. 41, pp. 828-829.

l'albumine : Schröder van der Kolk (63); par des plis, des cristaux de graisse, des phénomènes d'interférence et une coagulation due à l'action de l'acide chromique : Henle (67), Turner (77), Clarke, Van Deen, etc. Henle (73) déclara que les *Elementarröhrchen* ne peuvent être des fibres, parce qu'il est impossible de les obtenir à l'état d'isolement.

En 1874, Schmidt (106) fit de nouvelles observations sur l'existence d'un réseau, mais il en proposa une interprétation un peu différente de celle de Stilling. Il signala « the appearance of certain irregular network of fine » tubular elements, as Stilling once described them; but by a closer exa- » mination with an oblique illumination, they will be found to represent in » reality a great number of fine fibrils, which in their usual wavy or tortuous » course frequently cross each other, either singly or in the form of bundles, » and thus give rise to the resemblance to a network (1). «

Ce réseau apparaît après l'action de l'eau, et les figures que Schmidt en donne, ne correspondent absolument pas à sa description; elles représentent, non pas un réseau, mais tout simplement les modifications que subit la myéline sous l'action de l'eau.

Schmidt reconnaît deux couches dans le contenu de la fibre nerveuse, une externe réticulée, fibrillaire, et une interne amorphe, finement granuleuse et semi-liquide, entourant immédiatement le cylindre-axe; il ajoute : » Although I doubt but little the préexistence of the two layers of the » nerve-medulla. I do not venture to defend this view as the only true one, » but certain it is, that they manifest themselves shortly *after death on the* » *addition of water* (2). «

Cette dernière assertion de Schmidt nous fait connaître quel sont les apparences qu'il a observées. Aussi Lanterman (105, 122), peu après, déclara n'avoir pu reconnaître la couche fibrillaire de Schmidt; mais il signala une structure particulière de la couche médullaire : « Die von Schmidt » beschriebene Faserschicht unterhalb des Neurilems habe ich nicht gesehen; » dagegen erhielt ich Bilder ähnlich den von Stilling beschriebenen, als sei » das Mark aus kleinen Röhrchen (Stilling) zusammengesetzt. Darf man » den Osmiumpräparaten trauen, so möchte ich annehmen, dass sich das » Mark aus kleinen stäbchenförmigen Elementen aufbaue, welche in schrä- » ger Richtung, aber sämmtlich parallel, vom Axencylinder zum Neurilem » verlaufen, ähnlich den Stäbchen welchen von Heidenhain u. A. jüngst

(1) Schmidt : Monthly micr. Journ , vol. XI, p. 204.

(2) Loc. cit., p 207.

» in manchen Epithelzellen beschrieben worden sind. Ob diese Stäbchen » hohl seien, vermag ich zur Zeit nicht zu entscheiden. «

Cette assimilation de ses *stäbchenförmige Elementen* avec les *Elementarröhrchen* de Stilling n'est pas exacte. Lanterman le reconnaît dans un nouveau travail (1876), et excuse son erreur par son ignorance des mémoires originaux de Stilling : il les avait cités d'après les analyses.

Enfin il appelle l'attention sur une apparence réticulée qui se montre avec une très grande régularité sur des préparations à l'acide osmique. Il en donne un dessin très exact, mais il en ignore la signification. » Was dieselbe » bedeute, vermag ich zur Zeit nicht anzugeben (1). «

Mc. Carthy (112) confirma les premières observations de Lanterman, mais il attira l'attention sur les différences qui existent entre la disposition que celui-ci avait reconnue et les *Elementarröhrchen* de Stilling. Mc. Carthy considéra cette disposition comme normale et en donna comme preuve la régularité de cette structure, la ressemblance qu'elle possède avec les figures observées par Heidenhain avec le même réactif, *monochromate d'ammoniaque*, dans les cellules épithéliales des canalicules du rein et enfin la structure finement fibrillaire du protoplasme des cellules ganglionnaires.

Kuhnt et Boll considérèrent la structure de Lanterman- Mc. Carthy comme un produit artificiel. Pertik qui a figuré imparfaitement une semblable disposition, attribua cette apparence à des formations myéliques fixées par l'acide osmique.

Boveri a représenté plus fidèlement une structure analogue sur une coupe longitudinale de fibre nerveuse et en a proposé une explication qui se rapproche de celle de Pertik, en supposant qu'avec l'emploi d'une solution très diluée d'acide osmique, les fibres nerveuses ne sont pas instantanément fixées, surtout celles qui sont situées au centre du faisceau nerveux. Là, en effet, cette disposition s'observe le plus souvent et, là aussi, le réactif a pu agir avec moins d'intensité.

Klein (178), dans son petit traité d'histologie (1885), cite également cette disposition en bâtonnets qui, dit-il, » sont unis en une sorte de réseau. Le » réseau lui-même est très probablement la neurokératine d'Ewald et » Kühne. «

Ces deux auteurs (129), à la suite de leur recherches sur la digestibilité des différents tissus par le ferment pancréatique, en étaient arrivés à soup-

(1) Loc. cit., p. 8.

çonner l'existence dans le tissu nerveux, et particulièrement dans les fibres nerveuses, d'un élément qui montrait une résistance particulière à la digestion et laissait un résidu considérable. Voulant observer sous quelle forme se trouvait cette substance, à laquelle ils avaient reconnu toutes les propriétés de la substance cornée et à laquelle ils donnèrent le nom de névrokératine, ils débarrassèrent les fibres nerveuses de la myéline au moyen de l'alcool, l'alcool bouillant et l'éther.

Par ce traitement ils observèrent » ein knorriges Gerüst von starker » Lichtbrechung, mit überall doppelten Contouren, das einerseits in einer » äusseren, faltigen, ein Rohr bildenden Haut, andererseits in einem axial » gelegenen runzeligen Strange wurzelt. Man ist geneigt dies für den in » Alkohol unlöslich gewordenen, eiweissartigen Bestandtheil des Markes, » den axialen Strang für den coagulirten Axencylinder zu halten, was auch » richtig ist, aber durchaus nicht den *ganzen* Sachverhalt trifft.«

Et plus loin ils ajoutent : » Auf Querschnitten peripherer Nerven und » der weissen Substanz des Rückenmarkes, die von Alkoholpräparaten » anzufertigen sind, erkennt man nach Beseitigung des Markes und die » Eiweissstoffe, dass die Faser aus zwei ineinander gesteckten, leeren Röhren » besteht, aus der *äusseren* und der *inneren Hornscheide*, zwischen welchen » die mehr oder minder starken, z. Th. verästelten Brücken des *Horngerüstes* ausgespannt sind[1].«

Ewald et Kühne déclarèrent que cette charpente nerveuse est préformée et ne résulte pas de la coagulation de substances albuminoïdes. Ils le démontrèrent par l'action de la trypsine. En effet des nerfs digérés par le ferment pancréatique, traités ensuite par l'alcool, l'alcool bouillant et l'éther, montrent également ce réseau nerveux. En outre, on peut le développer sans faire intervenir de réactif coagulant, par exemple par l'action prolongée du glychocolate de soude qui enlève la myéline et laisse après la digestion pancréatique un semblable réseau.

Kölliker avait déjà décrit une disposition analogue après l'action de l'éther; il avait décrit des » wie zur zierlichen Netzen verbundene Krümel.«

De même Henle et Merkel (89) avaient appelé l'attention sur les formations qui apparaissent dans la myéline sous l'action de l'alcool, et avaient insisté sur les différences d'aspects que ce réactif détermine dans les fibres nerveuses, suivant qu'on les examinait à l'état frais ou après avoir été abandonnées à elles-mêmes après la mort pendant un laps de temps plus ou moins long.

[1] Ewald et Kühne : Verhandl.; Heidelberg, 1877, pp. 459-460.

C'est ainsi qu'ils avaient signalé une apparence granuleuse, » eine ganz gleichmässig fein granulirte Oberfläche «, des feuillets, » Blättern «, et des écailles, » Schüppchen «; mais leurs observations passèrent inaperçues. Leur figure XX d'une fibre nerveuse de lapin, après l'action de l'alcool, représente, à n'en pouvoir douter, le réseau de névrokératine décrit plusieurs années après par Ewald et Kühne. Il suffit pour s'en convaincre de comparer cette figure avec celles que Tizzoni, Waldstein et Weber donnent comme caractéristiques du réseau corné chez ce même animal. Nous nous plaisons du reste à reproduire la description que Henle et Merkel en ont faite :

» Die Blätter stellen schmale oder breite, mehr oder minder vollstän-
» dige Ringe dar, die an die unregelmässigen Knorpelringe der Branchial-
» äste erinnern. Sie liegen bald senkrecht zur Axe der Nervenfaser, bald
» schräg, folgen einander nicht selten in regelmässigen Zwischenräumen und
» stehen durch schmale Brücken mit einander in Verbindung. Häufig machen
» sie den Eindruck als seien sie bestimmt, die Zwischenräume länglicher,
» rosenkranzförmig aneinandergereihter Tropfen auszufüllen (1). «

De même, l'aspect granuleux que Henle et Merkel avaient signalé doit être rapproché des *stäbchenförmigen Elemente* de Lanterman- Mc. Carthy, et leurs *Schüppchen* des segments cylindro-conique séparés par les incisures de Schmidt.

Néanmoins les observations de Henle et Merkel n'eurent aucun retentissement, et il fut réservé à leurs successeurs d'attirer l'attention des savants sur les diverses dispositions qui s'observent dans la couche médullaire des fibres nerveuses, principalement sur le réseau de névrokératine.

Rumpf (143) et Tizzoni (133, 134, 144) confirmèrent immédiatement les observations de Ewald et Kühne; Rumpf se prononça catégoriquement en faveur de la préexistence de cette charpente cornée.

La plupart des auteurs la considèrent pourtant actuellement comme un produit artificiel (Engelmann), résultant de l'action des réactifs coagulants : [Hesse (145), Retzius (155), Pertik, L. Gerlach, Waldstein et Weber (157), Witkowski (161), Frommann, Lavdowski (174), Frey (186)]; tandis que Schwalbe (151) reste seul pour affirmer sa préexistence.

Hesse conclut en disant : » Die Erfahrungen, die ich durch die Ent-
» markung mit Wasser gewonnen habe, scheinen mir vielmehr dafür zu
» sprechen, dass in der frischen Faser die Hornsubstanz keinen geformten

(1) Henle et Merkel : Zeitschr. f. rat. Med., 1868. pp. 68-69.

» Bestandtheil des Markes ausmacht, sondern dass sie eine gleichmässige » Beimengung desselben darstellt, die aber nach Entfernung der Fette als » Balkchenwerk zurückbleibt (1). «

Pertik termine ses recherches en déclarant que » die Ewald-Kühne- » 'schen *Hornscheiden* nur das specifische Resultat der Alkohol-ätherextrac- » tion darstellen (2), « conclusion qu'adoptent sans réserve Waldstein et Weber, ainsi que Witkowski.

Rumpf et Schultze (138) étudièrent le sort du réseau nerveux dans les cas pathologiques et principalement dans les nerfs en voie de dégénération à la suite de la section. Ils reconnurent qu'il disparaît là où la myéline commence à disparaître, ce que Ewald et Kühne avaient déjà observé.

Ce fait fut confirmé par les recherches ultérieures de Tizzoni, Pertik, Waldstein et Weber et Hudendorf (159). Tizzoni observa même la réapparition de la charpente cornée, dans les nerfs en voie de régénération.

Unger (146) en a étudié le développement dans les centres nerveux des embryons et en a constaté la présence antérieurement à l'apparition de la myéline. Witkowski (161), au contraire, prétend que l'apparition de la névrokératine est intimement liée au développement de la moelle nerveuse, et que le cerveau de l'embryon ne contient pas de névrokératine.

Schwalbe, dans sa névrologie (1880), s'est prononcé ouvertement en faveur de la préexistence du réseau corné. Il a décrit le contenu du tube nerveux comme formé par une charpente, *Hornspongiosa*, dans les mailles de laquelle se trouve la myéline. Cette charpente est formée, comme Ewald et Kühne l'ont décrite, par deux gaînes réticulées, unies par des travées transversales.

Ellenberger (175) a adopté cette description : » die Markscheide, écrit- » il, besteht aus einem knorrigen Gerüst aus Neurokeratin (Korbgerüst) » und einer eiweissartigen, halbflüssigen, fettig und glänzend erscheinenden » gerinnbaren, die Maschen der Hornspongiosa anfüllenden Masse(3)....«

Rumpf, Waldstein et Weber en ont donné des descriptions analogues. Cependant il importe de remarquer que Rumpf, tout en partageant les vues d'Ewald et Kühne sur l'*innere Hornscheide*, dont il prétend reconnaître l'existence à l'aide de méthodes spéciales, déclare ne pouvoir la mettre en

(1) Hesse : Arch. f. Anat. u. Phys., 1879, p. 361.

(2) Pertik : Archiv f. mikr Anat., 1881, p. 231.

(3) Ellenberger : Handbuch der vergl. Histol., 1884, p. 202.

évidence après l'action de l'alcool et l'éther : » Eine den Axencylinder um-
» hüllende Scheide ist bei dieser Behandlung nicht zu unterscheiden(1). «

Pertik contesta absolument l'existence de l'*innere Hornscheide* : » In-
» nerhalb der Schwann'schen Scheide zeigt sich nämlich an Stelle der
» Markscheide ein einziger, aus stark lichtbrechendem, überall doppelt
» contourirtem Balkenwerk bestehender Hohlcylinder und darin anstatt
» eines knorrigen Centralstranges der gleichmässig geschrumpfte, gestreckt
» verlaufende und vollkommen glatte Axencylinder (2). «

Boveri a proposé une interprétation nouvelle par laquelle il semble porté à admettre la préexistence du réseau corné formé par une double gaîne réticulée. Pour lui » die beiden Hornscheiden sind nichts anderes als
» das äussere und innere Neurilemm (3). « Mais Kölliker en conteste formellement l'existence et l'interprète comme un produit artificiel, ainsi que Bikfalvi, qui appuie sa manière de voir sur de nombreuses et intéressantes observations faites à l'aide de la lumière polarisée.

Tizzoni (133) avait aussi décrit un réticulum de substance cornée formé par de petits bâtonnets fort réfringents. Ce réseau est interrompu au niveau des étranglements de Ranvier, mais ne montre aucune trace des incisures de Schmidt-Lanterman. Il s'attache d'une part au cylindre-axe, de l'autre il se termine à l'intérieur de la gaîne de Schwann, avec laquelle il n'a d'autres rapports que des rapports de contiguité.

En 1880, Golgi (156) appela l'attention sur une nouvelle disposition du contenu des tubes nerveux. Il observa en effet l'existence de fils spirales qui partant du cylindre-axe, s'enroulaient autour de lui en formant des cercles de plus en plus étendus jusqu'à atteindre la membrane de Schwann, où ils se terminaient. Ces fibres spirales qui dessinent ainsi des entonnoirs se voient au niveau de l'extrémité des segments médullaires. L'ouverture large de ces entonnoirs se trouve à la périphérie contre la membrane de Schwann, tandis que l'ouverture étroite enserre le cylindre-axe. Quand on observe plusieurs entonnoirs qui se suivent, on reconnaît qu'ils s'emboîtent les uns dans les autres; il n'est pourtant pas rare d'en rencontrer qui se regardent soit par leur extrémité étroite (au niveau du noyau de la membrane de Schwann), soit par leur ouverture élargie. En outre, Golgi attribua à la

(1) Rumpf : Verhandl. d. natur. histor. med. Vereins zu Heidelberg, N. F, Bd. II, 1880, p. 357.
(2) Pertik : Loc. cit., p. 226.
(3) Boveri : Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss., II Cl., XV Bd., II Abth., p. 440.

déformation de ces entonnoirs-spirales le réseau que Tizzoni avait décrit quelque temps auparavant.

Rezzonico (147) avait déjà observé ces entonnoirs dans les fibres nerveuses de la substance blanche de la moelle épinière. Il avait cru qu'ils formaient une charpente de nature cornée remplaçant la membrane de Schwann et servant de soutien au contenu du tube nerveux.

Ceci (152) et Mondino (166, 171) confirmèrent entièrement les observations de ces deux auteurs. Pour Mondino, les deux couches protoplasmiques qui entourent le manchon de myéline, la couche périmyélique et la couche périaxiale, sont des éléments de même nature que les fibres spirales. Elles appartiennent au réseau corné, dont les fibres spirales ne représentent que des trabécules unissant ces deux gaînes. La membrane interne périaxiale se continue d'un segment à l'autre sans interruptions, tandis que la membrane externe périmyélinique s'interrompt au niveau des étranglements annulaires où elle vient s'insérer sur la première. Cattani (167, 182) est arrivé aux mêmes résultats que Mondino.

Pertik mit en doute l'existence des entonnoirs et les considéra comme des produits artificiels dus à l'acide osmique. Erreur, car Golgi les avait signalés sur des nerfs qui n'avaient pas subi l'action de ce réactif. Boveri a adopté la manière de voir de Pertik sur cette question.

Cette disposition en entonnoirs, aperçue par Rezzonico et Golgi, avait déjà été observée bien avant ces auteurs. C'est ainsi que Henle (37) parle de » eine Form in einandergesteckter Trichter oder in einandergesteckter » Blumenkronen mit vielfach gezackten Rändern. «

De même Jacubowitsch (70), en 1856, écrit : » von dem Axencylinder » fängt eine feine Spirale an, welche mehrere Male um den Axencylinder » herumgeht (Nervenmark und Hülle), der Raum zwischen den Spiral- » contouren ist mit einer feinkörnigen Masse ausgefüllt; endlich wird die » Spirale dichter und bildet eine scharf contourirte Peripherie.....« Cet auteur affirme en outre la continuité du fil spiral d'une fibre nerveuse avec celui d'une fibre voisine.

Enfin Cattani (182, 187) vient de décrire un appareil fort compliqué, qui existe normalement dans la fibre nerveuse et qui servirait de soutien à la myéline. Cet appareil se composerait de trois éléments : 1° Les deux gaînes de Ewald et Kühne, dont l'externe est interrompue au niveau des étranglements de Ranvier, tandis que l'interne se continue dans toute la longueur de la fibre, en s'attachant à l'anneau de la gaîne de

Schwann au niveau des étranglements; 2° les entonnoirs spirales qui sont situés au niveau des incisures obliques; et 3° le réticulum de Tizzoni formé de fils délicats, s'entrecroisant dans tous les sens entre la gaîne périmyélique et la gaîne périaxiale. Ce réticulum existe dans toute la longeur de la fibre nerveuse, n'étant interrompu qu'au niveau des interruptions normales de la gaîne médullaire, c'est-à-dire aux étranglements de Ranvier et aux incisures obliques. Ce réseau constitue une espèce d'éponge imbibée par la myéline.

Tout récemment Adamkiewicz (179) a signalé un nouvel élément morphologique de la fibre nerveuse, auquel il a donné le nom de corpuscule nerveux, *Nervenkörperchen*. » Les corpuscules nerveux ont la forme d'une » feuille ovale dont le grand axe serait incurvé; par leur cavité ils se mou- » lent sur le manchon de myéline..... Chaque corpuscule nerveux renferme » en son milieu un noyau elliptique; c'est donc une véritable cellule.... Le » corpuscule nerveux n'a aucun rapport avec la gaîne de Schwann et est » un élément de la gaîne de myéline, particulier et isolable(1). «

Vignal (184), qui a répété fidèlement les observations de cet auteur, déclare » qu'il faut *rejeter le corpuscule nerveux de M. Adamkiewicz*, qui » n'est peut être bien que la masse protoplasmique et le noyau du segment » interannulaire, dont cet auteur n'a pas reconnu la nature — ou bien » ce n'est qu'un produit de l'altération de la myéline par le liquide de » Muller (2). «

C'est probablement aussi à une semblable erreur qu'on doit attribuer les cellules endothéliales que Gruenhagen (173) a signalées sur la fibre nerveuse. Du reste toute la morphologie et l'histogénie du tube nerveux à myéline sont en complet désaccord avec la description de ces auteurs. Les travaux de Rouget (108, 111), Lebouco (120), Kölliker (46), Calberla (113) et Vignal (164, 165) ont démontré en effet que les seules cellules qui prennent part à la formation des fibres nerveuses sont des cellules conjonctives qui se transforment en segments interannulaires. La myéline se développe dans le protoplasme de ses éléments cellulaires comme la graisse dans une cellule adipeuse (3).

(1) Adamkiewicz : Comptes-rendus Soc. Biol, 1885, p. 622.

(2) Vignal : Comptes-rendus Soc. Biol., 1886, p. 112.

(3) Prus (185) a également entretenu la société médicale de Cracovie des corpuscules nerveux. Sa communication nous est malheureusement restée inconnue.

Telles sont les diverses dispositions qui ont été décrites et qui tendent à faire admettre l'existence d'un élément réticulé dans le tube nerveux. Mais toutes indistinctement ont été considérées comme des produits artificiels et ont été attribuées à la formation de figures myéliques.

Cependant si nous remarquons qu'une apparence réticulée s'observe en traitant les nerfs par des réactifs différents par leur action, tant chimique que physique sur la myéline, nous nous croyons en droit de demander si ce n'est pas à la légère que l'on a unanimement nié l'existence d'un réseau.

Bien des dispositions, lorsqu'elles ont été signalées pour la première fois, ont été attribuées à l'action des réactifs et, cependant, on s'est vu dans la suite obligé d'en reconnaître l'existence normale. C'est ainsi que dans le domaine seul de la fibre nerveuse, nous pouvons successivement citer l'existence et la structure fibrillaire du cylindre-axe, les étranglements annulaires, les incisures obliques, etc. N'en serait-il pas de même de la couche protoplasmique réticulée du segment interannulaire? On ne saurait assez s'élever contre la tendance qu'ont certains auteurs à expliquer par l'action des réactifs toutes les dispositions nouvelles décrites par d'autres observateurs.

Les diverses apparences signalées tour à tour par Stilling, Schmidt, Lanterman, Mc. Carthy, Ewald et Kühne, Rezzonico et Golgi, nous semblent devoir être regardées comme l'indication d'une disposition générale uniforme, la présence d'une couche protoplasmique structurée, comme elle existe dans toutes les cellules.

Certes les réactifs en ont pu modifier l'aspect, mais malgré ces modifications on peut reconnaître une disposition préexistant à l'action des réactifs, qui n'ont pu par eux-mêmes développer un réseau, là où une pareille formation n'existait pas.

C'est ce que nous avons cherché à élucider par les quelques recherches que nous avons faites sur la structure intime de la fibre nerveuse. Quelqu'incomplètes qu'elles soient, nous croyons utile de faire connaître les résultats auxquels nous sommes arrivé concernant la structure cellulaire du segment interannulaire.

Il nous reste pour terminer notre historique à citer les recherches encore inédites de notre ami, le Dr J. Fr. Heymans, sur la structure du noyau des cellules nerveuses ganglionnaires et des segments interannulaires. A la suite de ses études sur les nerfs embryonnaires et adultes, tant des vertébrés que des invertébrés, il est parvenu à reconnaître que la nucléine se trouve

sous une forme réticulée ou filamenteuse dans les cellules nerveuses primitives qui se différentient en cellules ganglionnaires et en segments interannulaires. Il en est de même dans les fibres adultes des vertébrés, mais ici la nucléine se réunit parfois tout entière dans le nucléole. Les résultats auxquels Heymans est arrivé sont d'autant plus intéressants pour nous, qu'ils confirment nos idées sur la constitution cellulaire du segment interannulaire.

Avant d'exposer nos recherches personnelles, nous tenons à rendre un public hommage à notre maître, le professeur J. B. Carnoy, qui n'a cessé de nous encourager dans nos études par ses précieux conseils. Qu'il reçoive ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

OBSERVATIONS.

Nos recherches ont porté principalement sur le nerf sciatique de la grenouille rousse, de la grenouille verte, du crapaud ordinaire et du rat d'eau. Nous les avons étendues au chat, au lapin, au cobaye, au cheval, au pigeon, à la poule, au moineau et au pinson d'Ardennes. Ces derniers animaux nous ont tous fourni des résultats identiques et nous ont servi à contrôler nos premières observations. Nous insisterons plus particulièrement sur nos études sur les grenouilles, le crapaud et le rat, nous réservant de signaler les différences que nous aurions pu observer chez les autres animaux.

Nous avons étudié successivement le réseau de névrokératine de Ewald et Kühne et le réseau de Lanterman.

I. LE RÉSEAU DE NÉVROKÉRATINE

Pour mettre ce réseau en évidence, nous avons suivi la méthode proposée par Ewald et Kühne, avec toutes les précautions indiquées par Waldstein et Weber. Les nerfs fixés en extension physiologique, comme Ranvier le recommande, sont traités directement par l'alcool absolu, dans lequel ils sont maintenus pendant 24 heures. Ensuite ils sont repris par l'alcool bouillant pendant 2 heures et soumis enfin à l'action de l'éther pendant 24 heures. Nous avons tenu à suivre pas à pas la marche adoptée par Waldstein et Weber, afin de pouvoir comparer nos résultats avec ceux de ces savants.

Si l'on examine, après dissociation, des nerfs traités comme nous venons de le décrire, on remarque que les fibres ont perdu les doubles contours qui les caractérisent, la myéline ayant été complétement enlevée. Le tube nerveux se trouve réduit à la membrane de Schwann avec son noyau, et au cylindre-axe coagulé et rétracté qui n'occupe plus qu'une portion restreinte de l'espace vide délimité par la membrane d'enveloppe.

Si l'on étudie à l'aide d'un grossissement suffisant la membrane de Schwann, on remarque qu'à sa face interne elle est doublée d'un réseau fort apparent. Les travées de ce réseau possèdent un double contour très net, réfringent et montrant aux points nodaux des épaississements appréciables, fig. 2.

Les trabécules délimitent tantôt des mailles assez larges, formant un réseau plus ou moins lâche, FIG. **1**, **2**; tantôt des mailles plus étroites et plus serrées, au point que la membrane de SCHWANN paraît doublée d'une couche granuleuse qui ne se résout en un réticulum qu'à l'aide d'un grossissement plus puissant, FIG. **5**. Dans ce cas, si l'on observe une fibre nerveuse en coupe optique sur un de ses bords, on aperçoit immédiatement en dessous de la membrane d'enveloppe une couche de petits bâtonnets, tous égaux entre eux, fortement réfringents, disposés en un alignement parfait, et plus ou moins perpendiculaires à cette membrane. Vus de champ, ces mêmes bâtonnets se présentent par leur tranche et constituent dans leur ensemble une couche régulièrement granulée, ainsi que le montre la FIG. **5**. Ces granulations correspondent aux épaississements nodaux du réticulum, comme on peut s'en convaincre en employant un objectif plus puissant. Cette couche de bâtonnets rappelle à s'y méprendre les dispositions décrites et figurées par MC. CARTHY et KLEIN. Ce fait est d'une importance capitale : nous y reviendrons, lorsque nous chercherons à interpréter ces diverses dispositions.

Entre le réseau à mailles larges et la couche de bâtonnets existent tous les intermédiaires, FIG. **3**, **4**, **7**. Ces différences dans la grandeur des mailles s'observent non seulement sur les différentes fibres d'un même nerf, mais aussi sur les différents segments d'une même fibre. Nous avons reproduit cette disposition dans la FIG. **3**, qui représente deux tronçons de fibres, pris à une petite distance l'un de l'autre sur un même tube nerveux du sciatique du crapaud.

Chez ce même animal, nous avons eu l'occasion d'observer une disposition spéciale des trabécules du réticulum. Nous l'avons reproduite dans la FIG. **6**. Certaines travées s'orientent de telle façon qu'elles constituent un cercle transversal complet. Sur la fibre que nous avons figurée, cette disposition se trouvait répétée régulièrement à de très courts intervalles. Correspond-t-elle à une structure particulière de la fibre nerveuse? Nous n'oserions l'affirmer à cause du petit nombre de fibres qui présentent cette disposition. Nous croyons plutôt devoir attribuer ces images à l'étirement des mailles du réseau sous l'action des réactifs.

Le réseau se continue dans toute la longueur du segment interannulaire. Il n'est interrompu qu'au niveau de l'étranglement de RANVIER, comme nous avons pu nous en convaincre de la manière la plus évidente. Les assertions de TIZZONI et de CATTANI sont donc parfaitement exactes. Entre les deux

portions du réseau qui délimitent l'étranglement annulaire, on ne distingue qu'un espace vide que traverse seulement le cylindre-axe, FIG. 7. Il nous a été impossible d'y reconnaître les moindres traces d'une membrane transversale ou du renflement biconique de RANVIER. Mais nous ne pouvons décider si ces dispositions n'existent réellement pas, ou si la méthode que nous avons employée n'a pas altéré la structure normale de l'étranglement annulaire.

La couche réticulée qui tapisse immédiatement la membrane de SCHWANN est l'*äussere Hornscheide* de EWALD et KÜHNE. Ces auteurs, et après eux RUMPF, ainsi que WALDSTEIN et WEBER, ont décrit une deuxième gaîne réticulée, l'*innere Hornscheide*, qui entoure immédiatement le cylindre-axe et qui est unie à la gaîne externe par des travées transversales rayonnées. Il nous a été impossible de constater l'existence de cette gaîne interne.

Sur nos préparations, le cylindre-axe s'est toujours montré sous la forme d'un cordon cylindrique, parfaitement régulier, sans indication aucune de la présence d'une gaîne réticulée qui l'entourerait. Nous n'avons non plus jamais réussi à observer des travées transversales qui relieraient l'*äussere Hornscheide* au cylindre-axe qui se trouve tantôt isolé au milieu du tube nerveux, tantôt rejeté à la périphérie.

Il n'est pas rare de trouver dans une préparation obtenue par dissociation, des cylindres-axes isolés, débarrassés de la membrane de SCHWANN. On reconnaît alors admirablement que le cylindre-axe n'est en aucune manière entouré par une gaîne réticulée; il apparaît au contraire sous la forme d'un cordon nu, d'une régularité parfaite, sans trace d'un élément étranger à sa périphérie. En outre, nous avons réussi dans de semblables préparations à observer des débris de la membrane de SCHWANN, étalés à plat dans le champ du microscope; nous n'y avons pu reconnaître qu'un réseau unique qui lui est immédiatement appliqué. Ces deux faits suffisent déjà à eux seuls à mettre sérieusement en doute l'existence d'une double gaîne réticulée.

Une dernière observation vient démontrer à toute évidence la non-existence de l'*innere Hornscheide*. Si l'on soumet des fibres nerveuses, traitées par la méthode de EWALD et KÜHNE, à la digestion pancréatique, on constate que la membrane de SCHWANN et le cylindre-axe ont été dissouts, tandis que le réseau corné a parfaitement résisté, FIG. **18**, **19**. On se trouve donc ainsi dans les meilleures conditions pour observer la double gaîne réticulée, tout élément étranger ayant disparu. Or, dans ces conditions, on

ne voit jamais qu'une seule gaîne, la gaîne externe qui double immédiatement la membrane de Schwann.

Ewald et Kühne, qui ont tout d'abord signalé l'existence du réseau de névrokératine et qui ont décrit l'*innere Hornscheide*, n'ont pas figuré les dispositions qu'ils prétendent avoir observées. Rumpf n'a pas davantage jugé à propos d'accompagner son mémoire de figures explicatives. Il nous est donc bien difficile de deviner quelles sont les apparences auxquelles ces auteurs ont fait allusion.

Tizzoni, qui répéta leurs observations et qui représenta le premier le réseau de névrokératine, conteste catégoriquement l'existence de l'*innere Hornscheide* chez le lapin, et ne figure que l'*äussere*.

Peu après Pertik reprit la question et étudia le réseau chez la grenouille. Il nie également l'existence de la gaîne interne, et ne reproduit que l'externe dans ses figures.

Waldstein et Weber ont néanmoins adopté la description de Ewald et Kühne et ont confirmé l'existence de la gaîne réticulée interne, bien que leurs figures ne montrent pas cette gaîne. Ces auteurs, en reproduisant la description d'Ewald et Kühne, avouent » qu'il faut une observation attentive » pour voir les fines travées rayonnantes qui le rattachent (le réseau » périphérique) à la partie de la charpente noueuse qui environne immédia- » tement le cylindre axe (1). «

Comme ils ne l'ont pas figuré, nous sommes porté à croire qu'ils n'ont pas mis au service de leurs observations, lors de la confection de leurs gravures, cet examen attentif qu'ils déclarent nécessaire. Nous le regrettons vivement.

Nous avons eu recours à des coupes transversales de nerfs traités par la méthode de l'alcool et de l'éther, et nous avons pu confirmer l'assertion de Pertik qui nie positivement l'existence de l'*innere Hornscheide*. Toutefois les figures que nous avons obtenues, diffèrent légèrement de celles de Pertik. Cet auteur décrit et reproduit à la place de la couche médullaire » *einen einzigen, etwas eingeschrumpften, durchaus an knorrigem Gerüste* » *gebildeten Ring* (2). «

Nos coupes ne nous ont jamais montré ce cercle continu, mais bien une série de points correspondants aux trabécules que la coupe intéresse,

(1) Waldstein et Webek : Études histochimiques; Arch. d. phys. norm. et path., T. X, 1882, p. 13.
(2) Pertik : Unters. üb. Nervenf.; Arch. f. mikr. Anat., Bd. XIX, 1881, p. 227.

l'espace entre ces points représentant les ouvertures des mailles du réseau, FIG. 20.

Quant au cylindre-axe, PERTIK y signale après l'action prolongée du carmin, une partie centrale colorée, entourée par un bord incolore, étroit et sans structure, qu'il assimile à l'*Axencylinderscheide* des auteurs (gaîne de MAUTHNER). Nous n'avons pu observer ces différences de coloration sur nos coupes. Avec l'éosine, que nous avons employée comme réactif colorant, le cylindre-axe se colore uniformément.

Le réseau de névrokératine présente, chez les batraciens, les oiseaux et les mammifères, des différences qui sont dignes d'intéret. C'est pourquoi nous croyons devoir décrire successivement la variété et la richesse des formes qu'il affecte chez le crapaud, la grenouille, le lapin, le cobaye, le rat, le chat, le cheval, le pigeon, la poule, etc.

Le Crapaud. — Le réseau de névrokératine s'y montre avec une variété de formes, une régularité et une netteté qu'il est difficile de rencontrer chez d'autres espèces animales. Aussi le crapaud constitue-t-il un des meilleurs objets d'études. Nos FIG. **1** à **7** sont empruntées à cet animal; nous avons tenu à reproduire les dispositions typiques que le réseau y affecte.

Tantôt les mailles sont relativement larges, le plus souvent hexagonales, quelquefois pentagonales, mais toujours de dimensions sensiblement égales, comme le montre surtout la FIG. **2**. Les trabécules cylindriques sont droites, à bords réguliers et réfringents; elles s'anastomosent le plus souvent par trois, rarement par quatre, et forment aux points nodaux des épaississements facilement appréciables. Tantôt les trabécules sont plus courtes, les épaississements nodaux plus rapprochés et les mailles, bien que typiquement hexagonales, sont plus serrées et affectent une forme plus ou moins arrondie, comme on peut le reconnaître sur la FIG. **4**. Enfin, une troisième forme du réseau, des plus intéressantes, est représentée par la FIG. **5**. C'est celle que nous avons rapprochée de la disposition en bâtonnets de LANTERMAN-MC. CARTHY. Comme nous l'avons dit, ces bâtonnets sont unis en un réseau qui ne diffère de la charpente cornée, décrite précédemment, que par l'extrême étroitesse des mailles. L'emploi d'un grossissement plus puissant le démontre, et l'existence de tous les intermédiaires entre le réseau à mailles larges et la disposition de MC. CARTHY vient également confirmer cette identité. Nous avons reproduit quelques-uns de ces intermédiaires dans les FIG. **1**, **3** et **7**.

Aucun auteur, à notre connaissance (1), n'a étudié jusqu'ici la charpente cornée chez le crapaud. Les premières préparations que nous en avons examinées, avaient été empruntées aux précieuses collections que notre savant maître, le professeur J. B. Carnoy, met à la disposition de ses élèves en son laboratoire de cytologie. Ces préparations avaient été obtenues par la méthode classique, soit sur des fibres fraîches, soit sur des fibres préalablement traitées par les sels chromiques. C'est l'étude que nous en avons faite qui nous a décidé à choisir le crapaud comme principal objet de nos recherches.

La grenouille. — C'est sur cet animal que Pertik, Waldstein et Weber ont fait leurs observations. Nous croyons intéressant d'exposer les résultats que ces auteurs ont obtenus.

» Innerhald der Schwann'schen Scheide, écrit Pertik, zeigt sich näm-
» lich an Stelle der Markscheide ein einziger, aus stark lichtbrechendem,
» überall doppelt contourirtem Balkenwerk bestehender Hohlcylinder und
» darin anstatt eines knorrigen Centralstranges der gleichmässig ge-
» schrumpfte, gestreckt verlaufende und vollkommen glatte Axencylin-
» der (2). « Quant à l'*innere Hornscheide* de Ewald et Kühne, Pertik en conteste l'existence.

Waldstein et Weber ont donné une description fort différente. » La
» membrane de Schwann paraît doublée d'un réseau de forme tubulaire
» dont les mailles petites et régulières sont limitées par des travées cylin-
» driques qui sont à peine renflées aux points nodaux. Il faut une observa-
» tion attentive pour voir les fines travées rayonnées qui le rattachent à la
» partie de la charpente noueuse qui environne immédiatement le cylindre-
» axe (3). « Ces auteurs admettent donc l'existence de la gaîne interne, bien qu'ils ne l'aient pas figurée.

Nos propres observations, qui ont été faites sur la grenouille rousse et sur la grenouille verte, ne peuvent que confirmer les assertions de Pertik, et infirmer celles de Waldstein et Weber.

Nos préparations nous ont fourni les mêmes images que celles que Pertik a reproduites. Nous avons omis de figurer le réseau de névrokératine chez la grenouille, préférant renvoyer au travail du savant histologiste alle-

(1) Malgré toutes nos démarches, il nous a été impossible de nous procurer le mémoire de L. Gerlach, Zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfaser; Tageblatt der 51. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Cassel, 1878. Nous ignorons donc sur quels animaux le savant professeur d'Erlangen a fait ses observations.

(2) Pertik : Loc. cit., p. 226.

(3) Waldstein et Weber : Loc. cit., p. 13.

mand. Notre FIG. 14 appartient seule à la grenouille. Elle montre la disposition qu'affecte la charpente cornée, après l'action de l'eau distillée pendant 24 heures. Cette figure démontre ainsi l'erreur des auteurs qui ont prétendu qu'il était impossible de faire apparaître le réseau noueux après l'action de l'eau.

Le lapin. — TIZZONI, répétant les observations de EWALD et KÜHNE, figura le premier le réseau de névrokératine. C'est le lapin qui lui servit d'objet d'études. Voici la description qu'il en donne : » On voit un réseau ex-» cessivement délicat qui par sa forte réfringence et sa netteté, apparaît au » milieu des autres éléments colorés. Ce réticulum est formé, FIG. 1*b*, d'un » lacis de petits bâtonnets qui se réunissent en différents points, formant » des mailles irrégulières polygonales à angles très ouverts ou arrondis, » mais jamais nettement ronds. Aux points d'union de ces mailles, ils ont » quelquefois de légers épaississements ou points nodaux, *knorriges Gerüst*, » généralement peu accentués (1). « TIZZONI conteste l'existence de la gaîne cornée interne.

WALDSTEIN et WEBER ont également étudié la charpente noueuse chez le lapin. » La charpente, disent-ils, n'a d'ordinaire pas, à proprement par-» ler, la forme d'un réseau. D'une enveloppe qui entoure le cylindre-axe » d'une façon discontinue on voit se dégager des travées rayonnées épaisses, » qui vont s'anastomoser avec d'autres travées doublant la gaîne de SCHWANN » au-dessous de laquelle elles limitent incomplétement de grandes mailles » quadrangulaires plus ou moins arrondies. Les anastomoses de ces travées » qui sont loin d'avoir partout la même épaisseur, sont marquées par des » nœuds ou des renflements notables (2). «

On voit par cette description que si WALDSTEIN et WEBER s'accordent avec TIZZONI sur la forme des mailles du réseau chez le lapin, ils sont en complète opposition avec le professeur italien au sujet de la gaîne interne dont ils admettent l'existence autour du cylindre-axe. Toutefois nous croyons devoir faire remarquer que la figure qu'ils donnent, ne répond pas sous ce rapport à leur description. Du reste, par nos propres observations, nous ne pouvons que confirmer la description de TIZZONI.

Le cobaye. — TIZZONI a observé le réseau de névrokératine chez le cochon d'Inde, ainsi que chez les autres mammifères, où il l'a recherché,

(1) TIZZONI : Sulla patologia del tessuto nervoso; Archivio per le scienze mediche, vol. III, 1878, p. 9.

(2) WALDSTEIN et WEBER : Loc. cit., p. 13.

et chez l'homme; mais il n'y insiste pas davantage, il se borne à décrire en détail la disposition qu'affecte ce réseau chez le lapin.

Chez le cobaye cependant la charpente cornée se montre fort différente de celle du lapin. Les mailles ne présentent plus cette forme quadrangulaire que tous les auteurs ont signalée chez ce dernier animal; elles sont au contraire fort irrégulières, tant dans leurs formes que dans leurs dimensions, FIG. **13**. De petits mailles se voient à côté de mailles plus grandes, sans que l'on puisse reconnaître de règle à leur répartition réciproque. Quant à leurs formes, elles sont d'une variété et d'une irrégularité qui défient toute description. Les trabécules ne possèdent plus cette forme nettement cylindrique qui caractérise à un si haut dégré les travées chez le crapaud; elles sont au contraire tantôt renflées, tantôt amincies. Aux points nodaux, on voit de même des épaississements fort variés; ici ils sont à peine appréciables, là ils constituent des accumulations de substance cornée fort considérables. En un mot, autant le réseau chez le crapaud se caractérise par sa parfaite régularité, autant chez le cobaye il se caractérise par sa complète irrégularité. Nous n'y avons pas reconnu de trace de la gaîne interne chez cette espèce.

Le Rat. — Nous avons étudié le réseau de névrokératine chez deux individus de cette espèce : un rat adulte et un rat jeune. Le réseau s'est montré avec des caractères différents sur chacun d'eux.

Chez le rat adulte, il affecte une délicatesse, une ténuité vraiment remarquable. Les mailles constituent des quadrilatères allongés dans le sens de la longueur du tube nerveux, FIG. **8**. Les trabécules longitudinales rencontrent presque à angle droit les travées transversales. Ces quadrilatères tapissent immédiatement la membrane de SCHWANN, et placés à une même hauteur, au nombre de deux ou trois, ils font tout le tour du tube nerveux, de manière que leurs trabécules transversales forment des cercles complets espacés à des distances sensiblement égales dans la longueur de la fibre. Par ci par là, on remarque également quelques mailles de dimensions moindres et de formes moins allongées.

Aux points nodaux existent de très faibles épaississements. Il n'existe pas de trace de l'*innere Hornscheide*.

Chez le rat jeune, le réseau présente une disposition complétement différente. Les mailles ne possèdent pas cette forme quadrangulaire de l'adulte, mais plutôt une forme pentagonale fort régulière, FIG. **9**. En outre, leurs

dimensions sont notablement inférieures que chez l'adulte; les fibres elles-mêmes, du reste, sont plus étroites. Les trabécules sont relativement plus épaisses, plus réfringentes et plus régulièrement cylindriques. Aux points nodaux existent des renflements fort appréciables. Ce réseau affecte une régularité qui n'est pas sans analogie avec celle que nous avons signalée chez le crapaud : il suffira du reste de rapprocher les FIG. **2** et **9** pour s'en convaincre. On remarquera toutefois que chez le rat les mailles sont relativement plus larges que chez le crapaud : chez celui-là, en effet, leur plus grand diamètre égale à peu près le diamètre transversal de la fibre nerveuse, tandis que chez celui-ci il en atteint à peine la moitié ou le tiers. Il nous a été impossible de reconnaître la présence d'une gaîne cornée interne.

Le Chat. — Nos observations ont été faites sur un chat nouveau-né. Le réseau corné, FIG. **10**, **11**, **12**, présente la même disposition que chez le rat jeune, aussi ne pouvons-nous que renvoyer pour sa description à celle que nous avons donnée de ce dernier animal. La seule distinction que nous puissions faire, c'est que les trabécules chez le chat se dessinent avec plus de netteté encore que chez le rat, et sont légèrement plus épaisses.

Cette identité de forme des réseaux chez deux animaux si différents, qui n'ont pour caractère commun que leur jeune âge, tandis qu'il est complétement modifié chez l'adulte, comme nous avons pu le vérifier chez le rat, n'est peut-être pas sans avoir de signification sur les différences que peut affecter le réseau chez un même animal. Les loisirs nous ont fait défaut pour poursuivre nos observations à ce sujet.

Le Cheval. — Nos recherches ont été faites sur une racine spinale, enlevée à un cheval mort depuis deux ou trois jours. Le réseau que nous y avons observé, s'est montré identique à celui qui se voit chez la grenouille dans les mêmes conditions, c'est-à-dire après la décomposition de la couche médullaire, soit par l'action de l'eau, soit par l'altération cadavérique. Cette observation nous autorise à croire que le réseau de névrokératine existe également chez cet animal et qu'il suffirait de le rechercher sur des nerfs frais pour l'observer dans toute sa régularité.

Le Pigeon. — Les tubes nerveux apparaissent plus ou moins déformés par le traitement qu'ils ont subi, FIG. **15**. Le réseau de névrokératine est nettement accusé; les mailles en sont de grandeur moyenne, toutes sensiblement égales entre elles, de formes irrégulièrement polygonales; les trabécules

sont délicates, étroites et cylindriques. Les renflements nodaux sont faiblement accusés. Le réseau chez le pigeon offre de nombreuses analogies avec celui de la grenouille. Nous n'y avons pu découvrir des traces d'une gaîne interne autour du cylindre-axe.

La Poule. — Chez cet animal, le réseau de nevrokératine ne possède pas, à proprement parler, une disposition réticulée. On voit, à des distances sensiblement égales, des trabécules présentant la forme d'un V dont l'extrémité aurait été tronquée par une ligne transversale, FIG. **16**. Toutes présentent l'ouverture angulaire dirigée dans le même sens. Quelquefois on reconnaît que les extrémités libres des travées se recourbent en dedans pour aller s'unir à la portion inférieure transversale de la travée immédiatement supérieure; on voit alors une figure polygonale allongée, irrégulièrement hexagonale, à côtés légèrement arrondis, qui rappellent certaines formes de mailles chez le lapin. Les trabécules possèdent des épaisseurs variables : plus grosses au point où elles se recourbent vers le haut, elles s'amincissent insensiblement suivant leurs prolongemements latéraux. Ces apparences dénotent une altération considérable dans la forme du réseau, qui par certains caractères se rapprochent de ceux que nous avons observés chez le lapin et le rat adulte. Des recherches nouvelles permettraient peut-être de reconnaître la forme normale du réseau chez cet oiseau.

Nous croyons devoir terminer cette revue des animaux qui ont permis de reconnaître la charpente cornée en citant le *chien* sur lequel MC. CARTHY a observé la structure en bâtonnets, qui, à notre avis, n'est qu'une disposition spéciale du réseau d'EWALD et KÜHNE; ainsi que le *veau* chez lequel PERTIK a décrit, après l'action de la liqueur de MÜLLER, une apparence réticulée qui ne peut être rapportée qu'à la charpente cornée; et en rappelant que TIZZONI a observé un réseau analogue chez les mammifères qu'il a étudiés.

Ces exemples suffisamment nombreux nous autorisent à admettre l'existence de ce réseau chez tous les animaux qui possèdent des fibres nerveuses à myéline. Aussi ne doutons-nous pas de son existence chez les reptiles et les poissons, où nous nous proposons de le rechercher et de l'étudier dès que nous en aurons le loisir.

La charpente nerveuse semble appartenir en propre aux fibres myéliniques, comme tend à le démontrer une observation de EWALD et KÜHNE qui ont reconnu sa présence dans les fibres nerveuses du homard. Identique

par ses propriétés chez tous les animaux, le réseau de névrokératine ne diffère que par la multiplicité des dispositions et la richesse des formes qu'il affecte chez les diverses espèces.

La plupart des auteurs ont argué de cette diversité d'aspects, que ce réticulum n'existe pas à l'état normal dans la fibre nerveuse et qu'il n'est que le résultat du traitement de l'alcool et de l'éther.

Nous sommes au contraire porté à conclure de ce fait à la préexistence du réticulum, et à considérer ces différences comme correspondant à des dispositions spéciales caractéristiques de chaque espèce. Si nous nous rappelons que chez un même animal, sur un même nerf, sur une même fibre, le réseau de névrokératine peut, comme nous l'avons démontré plus haut, présenter les formes les plus diverses, que ces différences chez un même animal peuvent être plus considérables que celles qui s'observent chez des animaux fort distants l'un de l'autre dans l'échelle zoologique, on comprendra aisément que cette multiplicité d'aspects ne constitue en aucune façon un argument sérieux contre la préexistence du réseau noueux. Il nous semble du reste difficile d'admettre qu'un même réactif, agissant dans des conditions identiques sur un élément partout et toujours le même, la myéline, développerait des images si différentes.

A l'appui de leur manière de voir, les auteurs qui nient la préexistence de la charpente noueuse, ont insisté sur ce fait qu'il leur a toujours été impossible de l'observer sur des fibres fraîches, ou après l'action de certains réactifs. En ce qui concerne nos propres observations sur les nerfs frais, sans l'addition de réactif, nous en exposerons les résultats dans la seconde partie de notre mémoire à propos du réseau de Lanterman.

Si l'on cherche à reconnaître l'existence du réseau corné en traitant les nerfs par la méthode classique après l'action préalable de l'eau, il est impossible, prétend-t-on, de faire apparaître un réticulum. Nous nous sommes plu à contrôler cette assertion.

A cet effet nous avons plongé un nerf sciatique de grenouille, fixé en extension physiologique, pendant 24 heures dans l'eau distillée; après quoi nous l'avons soumis au traitement de l'alcool et de l'éther. Sur des fibres obtenues par dissociation, on reconnaît parfaitement, à l'aide d'un grossissement suffisant, un réseau à mailles étroites et serrées; les trabécules sont relativement plus épaisses et beaucoup moins réfringentes.

La fig. **14** qui représente une pareille fibre, a été choisie dans nos préparations, parce qu'elle possédait un réseau à mailles plus larges que les

autres fibres. Nous avons tenu à la reproduire de préférence au type le plus communément répandu dans la préparation, parce qu'elle démontre à toute évidence l'existence du réseau de névrokératine. Sur la plupart des autres fibres le réticulum est plus serré, les mailles sont plus étroites.

Observé à l'aide d'un objectif plus faible, le contenu des fibres nerveuses paraît régulièrement granuleux. C'est probablement à l'emploi d'un objectif trop faible qu'on doit en grande partie attribuer l'erreur de Waldstein et Weber qui décrivent l'aspect granuleux des fibres ayant subi préalablement l'action de l'eau.

Ces granulations, comme nous l'avons déjà dit plus haut, correspondent aux points nodaux du réticulum. Il est aisé de s'en convaincre. Néanmoins ces auteurs se sont cru autorisés à conclure de cette observation que le réseau n'est pas préformé et » se forme dans l'intérieur du nerf par la dis- » sociation de la myéline sous l'influence des réactifs en deux substances, » une substance grasse dissoute par l'éther, une autre substance sur la na- » ture de laquelle ils n'insistent pas et qui prendrait dans l'intérieur du tube » nerveux des formes variées (1). «

Il importe de remarquer ici que Waldstein et Weber nous semblent se contredire, lorsque quelques lignes plus loin ils déclarent, d'accord en cela avec Hesse et Pertik, que les bouchons myéliques qui se développent sous l'action de l'eau, laissent apparaître un réticulum corné après le traitement de l'alcool et de l'éther. Il nous paraît difficile de comprendre comment ce réseau apparaîtrait après l'action de l'eau dans des bouchons de myéline, alors qu'il ne se formerait plus à l'intérieur de la fibre nerveuse elle-même. Nous sommes plutôt porté à croire que la présence du réseau à l'intérieur des tubes nerveux a échappé à ces savants, à cause des différences qu'il présente avec le réticulum normal.

Certes nous reconnaissons volontiers que, après l'action de l'eau, la charpente nerveuse se montre quelquefois altérée au point qu'on puisse en méconnaître l'existence. Mais ce fait n'admet-il pas une interprétation différente de celle que Waldstein et Weber ont émise?

On connaît l'action de l'eau sur la myéline. Ce composé subit des modifications notables; il se gonfle, paraît devenir plus fluide et repousse les obstacles qui s'opposent à son écoulement. Aussi serait-il téméraire d'émettre des conclusions catégoriques à l'examen des dispositions que présentent les

(1) Waldstein et Weber : Loc. cit., p. 17.

nerfs après un tel traitement. Si, comme nous avons tout lieu de le croire, la myéline occupe les mailles du réseau nerveux, il est évident qu'après l'action de l'eau ce réticulum a dû être plus ou moins modifié par le gonflement de la myéline, et après la disparition de celle-ci par l'alcool et l'éther, on conçoit facilement qu'on ait de la peine à retrouver, dans le contenu du tube nerveux, le réseau auquel on a été habitué de reconnaître une régularité parfaite et une réfringence caractéristique.

J. F. Heymans a observé que le gonflement que subit la myéline au contact de l'eau et la production des figures myéliques rappellent, à s'y méprendre, le phénomène qui se passe lorsqu'on met une solution d'albumine au contact d'une solution de tannin. La précipitation de l'albumine en une couche périphérique coagulée donne naissance à une véritable membrane osmotique, qui grandit peu à peu, grâce à l'apposition de nouvelles molécules d'albumine précipitée et au courant endosmotique continu de la solution de tannin.

Si l'on étudie sous le microscope ces phénomènes à l'aide d'une goutte de chacune de ces solutions, on est frappé de la similitude d'aspect que présente la préparation avec l'apparition des figures myéliques, quand on soumet des nerfs à l'action de l'eau. Ces observations inédites, que Heymans nous a autorisé à reproduire, apportent un sérieux appui à notre manière de voir (1).

Une remarque de Waldstein et Weber tend encore à justifier notre interprétation. En effet ils ont examiné des nerfs de lapin recueillis 44 heures après la mort de l'animal dépouillé de ses intestins et maintenu à une température de 10° à 12°. Sur ces nerfs plongés en extension physiologique dans l'alcool absolu pendant 24 heures, ces auteurs ont reconnu une substance granuleuse sans indication d'un réticulum. Si l'on songe qu'après la mort la myéline donne naturellement naissance à des formations myéliques, on pouvait prévoir que les modifications, qui devaient affecter le réseau, l'auraient rendu méconnaissable à des observateurs non prévenus.

Si du reste l'interprétation de Waldstein et Weber était exacte, comment pourraient-ils expliquer l'impossibilité pour l'alcool de déterminer,

(1) Elles rendent en outre parfaitement compte de certaines altérations du cylindre-axe après la décomposition de la couche médullaire. Ranvier a décrit avec détails l'aspect déchiqueté que présente le cylindre-axe après l'action de l'eau. La myéline qui occupe les mailles du réseau, constitue une série de globules qui en se gonflant, vient comprimer le cylindre-axe et lui donner cet aspect irrégulier que Roudanowski (88) avait déjà décrit comme normal. Il avait même signalé des anastomoses entre les cylindres-axes de fibres voisines.

après l'action de l'eau, l'apparition du réseau de névrokératine? L'eau exerce-t-elle une action chimique sur la myéline? D'après ce que nous savons sur les propriétés de la myéline, l'action de l'eau sur celle-ci est de nature purement physique, et, par conséquent, avant comme après cette action, l'extraction des corps gras (lécithine, cérébrine, etc.) par l'alcool devrait amener l'apparition de la partie insoluble de la myéline, c'est-à-dire du réseau de névrokératine.

Un fait que ces auteurs ne cherchent pas davantage à expliquer, ce sont les causes qui font que la portion de la myéline insoluble dans l'alcool et l'éther apparaît sous la forme d'un réticulum après l'extraction de la partie soluble. Si, comme ils le prétendent, la myéline est un mélange uniforme d'un corps gras et d'une autre substance dans laquelle leurs expériences de digestion artificielle tendent à faire admettre l'existence de deux composés, qui se différencieraient l'un de l'autre par leur digestibilité vis-à-vis de la pancréatine, nous ne comprenons pas à la suite de quels phénomènes cette substance, simple ou double, uniformément répartie dans le mélange myélinique, se déposerait, par pure action physique, sous forme de réseau, plutôt que sous forme de précipité granuleux sans structure particulière. Nous ne pouvons comprendre la chose que pour autant que cette substance possède déjà, avant l'action des réactifs, une disposition réticulée que l'alcool et l'éther se bornent à mettre en évidence, en lui faisant subir peut-être de légères modifications. Nous sommes donc porté à croire à la préexistence du réseau.

Leo Gerlach a signalé le premier les modifications que présente le réseau de névrokératine suivant le degré de concentration de l'alcool dont on se sert pour enlever la myéline. Ce fait trouve son explication dans ce que nous venons de dire et n'autorise en aucune façon à conclure à la non-préexistence de ce réseau. En effet, suivant le degré de concentration de l'alcool, on évitera plus ou moins le développement des formes myéliniques et on augmentera dans des proportions variables la rétraction du réticulum par la coagulation et la déshydratation brusques. Pertik, Waldstein et Weber, qui ont confirmé sur ce point les assertions de L. Gerlach, y trouvent également un argument en faveur de la non-préexistence du réseau corné. Il nous est impossible de partager leur manière de voir; car les différences qu'on observe dans la forme du réseau suivant le degré de concentration de l'alcool, sont moins grandes que celles que l'on observe sur une même préparation, traitée par l'alcool absolu, et qui résultent de structures propres à chaque fibre, comme nous l'avons dit plus haut.

Après l'action digestive des ferments, on ne pourrait non plus développer la disposition de Ewald et Kühne. Nos propres observations sur ce fait sont loin de confirmer cette assertion de Pertik et de Waldstein et Weber. Nous y reviendrons en exposant nos recherches sur les digestions pepsiniques et pancréatiques des fibres nerveuses.

Les différences, que le *Horngerüst* présente suivant les réactifs, dépendent uniquement de l'action de ces derniers, soit sur la myéline comme fixateurs, soit sur le réticulum comme déshydratants et coagulants, et non d'une action chimique dissolvante plus ou moins complète qu'ils exerceraient sur la myéline. Quelle qu'ait été la méthode employée pour dissoudre la myéline : que nous ayons eu recours à l'alcool, au chloroforme, à l'éther, que nous nous soyons servi de ces dissolvants isolés ou combinés, nous avons toujours mis en évidence un réseau d'apparence variable, il est vrai, mais dont il est difficile de méconnaître la véritable signification.

Nous avons également vérifié l'action de l'alcool absolu saturé d'anhydride sulfureux, dont Gilson vient de recommander l'emploi. Soumises à ce réactif, les fibres nerveuses offrent une disposition des plus intéressantes. Le réseau corné apparaît avec une netteté admirable, mais les trabécules affectent une disposition spéciale. La plupart possèdent une direction oblique par rapport au cylindre-axe, direction qui rappelle, à n'en pouvoir douter, l'existence des incisures obliques. On voit même de distance en distance des travées plus épaisses, d'ordinaire au nombre de deux de chaque côté du cylindre-axe, qui, par leur disposition et leurs rapports relatifs, ne peuvent correspondre qu'aux incisures de Schmidt-Lanterman. Connaissant le pouvoir fixateur de l'alcool sulfureux, on ne peut mettre en doute que cette disposition du réseau corné ne soit primitive.

D'après ses propriétés physiques et chimiques, Ewald et Kühne ont rapproché la substance du réseau nerveux de la kératine des tissus épidermiques et l'ont appelée *Névrokératine*. Ils lui ont attribué une provenance épithéliale, supposition qui semble trouver sa confirmation dans l'histogénèse des tissus nerveux. Ils ont été amenés à établir cette assimilation en se basant sur la résistance que cette substance présente à se laisser attaquer par les ferments digestifs, sur sa teneur en soufre et sur ses produits de décomposition. Cette assimilation est-elle ainsi suffisamment justifiée? La kératine est-elle seule à posséder la propriété de résister à l'action des ferments digestifs? La névrokératine de Ewald et Kühne ne serait-elle

pas un composé albuminoïde analogue à la plastine que l'on rencontre dans toutes les cellules tant animales que végétales ?

Elle appartient évidemment à ce groupe de substances que J. B. Carnoy désigne sous le nom de substances protéiques réfractaires pour les distinguer des albuminoïdes typiques : vitelline, myosine, albumine, etc. » Ces corps » écrit-il, sont, à n'en pouvoir douter, des dérivés plus ou moins immédiats » des albuminoïdes véritables. A ne considérer que les arthropodes — et » même à parler d'une manière générale — on peut les classer en trois » groupes, suivant leur degré de résistance vis-à-vis des réactifs : *a)* les » plastines; *b)* les élastines qui comprennent la kératine (identique à part un » mélange de *S* avec l'élastine, d'après Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie), » la névrokératine de Kühne et Ewald (Ueber ein neue Bestandtheil d. » Nervensyst.; Verhandl. d. nat. med. Vereins zu Heidelberg, 1876, tome I, » p. 457); *c)* la chitine. Il importe peu au cytologiste de savoir si ces corps » représentent autant d'espèces chimiques — du reste les chimistes eux-mêmes » l'ignorent — ou s'ils ne sont pas des mélanges. Il est probable que ce ne » sont que des mélanges de substances analogues. Nous ne voudrions pas » même affirmer que les plastines diffèrent chimiquement des élastines. On » peut très bien admettre que la moindre résistance des éléments qui en sont » formés : réticulum plasmatique, membranes très jeunes, etc., provient de » ce qu'ils ne renferment que très peu d'élastine. La même particularité se » présente pour la membrane cellulaire. Les choses se passent comme si » l'élastine y augmentait avec l'âge aux dépens des albuminoïdes qui y se- » raient encore contenus à l'origine. Dans bien des cas, chez les arthropodes, » les composés des deux premiers groupes se transforment en chitine, la » plus solide et la plus difficilement attaquable de toutes les substances » qui entrent dans la composition de leurs membranes. En résumé, plus » ils s'éloignent de leur souche primitive, plus ces dérivés deviennent ré- » fractaires [1]. «

Les élastines, les kératines, etc., sont des substances albuminoïdes que Krukenberg (260) distingue nettement des albumines véritables auxquelles nous réserverons plus spécialement la dénomination de protéine. Ces divers albuminoïdes paraissent se différencier aux dépens d'une même protéine à la suite de modifications spéciales. Aussi une relation très étroite existe entre les élastines et les kératines, entre celles-ci et les mucines, etc.

(1) Carnoy : La Cytodiérèse; la Cellule, t. I, p. 197, note.

Nos connaissances sur ces différents composés sont encore fort imparfaites et nous ignorons complétement si aux expressions élastine, kératine, correspondent des types chimiques, nettement caractérisés par leurs propriétés, ou des mélanges indéfinis de substances encore indéterminées, mélanges dont la composition varierait d'après le stade de différentiation histochimique. C'est cette dernière hypothèse qui nous paraît la plus vraisemblable.

En effet on ne possède pas d'analyse centésimale correspondant à toutes les élastines ou à toutes les kératines (1); bien plus, une même espèce d'élastine ou de kératine présente des différences considérables dans ses propriétés chimiques suivant son âge : une élastine ou une kératine âgée n'est pas un produit semblable à ces mêmes substances nouvellement formées. Krukenberg (261) en étudiant la kératine de la coque des œufs des sélaciens, a assisté au phénomène de kératinisation de ces membranes. Pendant leur séjour intra-utérin, ces membranes sont facilement digérées par la pepsine et donnent comme produits de décomposition une forte proportion de leucine avec quelques traces de tyrosine, elles se comportent par conséquent comme l'élastine; tandis que, après la ponte des œufs, ces mêmes membranes sont devenues réfractaires aux enzymes protéolytiques et, traitées par l'acide sulfurique étendu, fournissent beaucoup de tyrosine et une faible quantité de leucine : elles se comportent ainsi en véritable kératine.

Or, si l'on songe que, d'après les auteurs, la portion glandulaire de l'oviducte du *Scyllium catulus* est formée de glandes tubulaires à cellules caliciformes mucipares, on sera tenté d'admettre que, dans la formation de la coque, on a assisté à la transformation chimique de la mucine en une élastine et en une kératine, ce qui démontrerait le rapport intime qui existe entre ces diverses substances. On objectera peut-être contre cette proposition la forte proportion de *S* qui caractérise les kératines. Mais il importe de remarquer à ce propos que non seulement il n'est pas démontré que la mucine et l'élastine sont absolument exemptes

(1) La difficulté d'obtenir une analyse exacte de ces composés résulte de la difficulté de les obtenir à l'état pur et de l'impossibilité de pouvoir apprécier leur degré de pureté. On ne saurait même dire si les nombreuses manipulations par lesquelles on fait passer les tissus élastiques et kératiques pour purifier ces composés, n'ont pas pour résultat de déterminer certaines décompositions ou tout au moins certaines modifications dans leur constitution moléculaire. Si l'on songe, par exemple, à la facilité avec laquelle une partie du *S* se détache de la molécule de la kératine, cette supposition paraîtra fort vraisemblable.

de *S*(1), mais que la proportion de *S* des kératines est fort variable. Les nombreuses analyses qui ont été faites des diverses kératines ne concordent en aucune manière entre elles, du moins pour ce qui concerne la teneur en *S*. Cette teneur peut varier de 0,40 à 5 et même 7 et 8 % et certaines kératines peuvent ainsi ne contenir pas plus de *S* qu'un grand nombre d'albumines véritables. Si à cela on ajoute qu'une portion du *S* est très faiblement unie dans la kératine et peut en être facilement enlevée, on reconnaîtra avec Hoppe-Seyler (246) que les kératines sont des mélanges en proportions variables d'un albuminoïde probablement voisin des élastines avec un composé riche en *S*.

Une relation non moins étroite existe probablement entre les kératines et les mucines comme nous l'apprennent les travaux sur la soi-disant kératine de la coquille des œufs d'oiseau, que l'on peut considérer avec autant de raison comme une substance mucinoïde durcie que comme une kératine.

Enfin l'existence de l'élastoïdine, que Krukenberg (261) vient d'étudier, rapproche également l'élastine de la kératine. L'élastoïdine se rattache à l'élastine par ses propriétés de solubilité, tandis que par ses produits de décomposition (tyrosine) elle se comporte comme la kératine.

De cet ensemble de faits on peut conclure que les mucines, les élastines et les kératines sont des substances congénères, unies entre elles par une souche commune, une protéine dont elles représentent probablement des degrés différents de différentiation chimique suivant une ou plusieurs voies.

Une relation moins bien établie est celle qui existe entre ces substances et la plastine de Reinke. Cette plastine est un mélange plus complexe d'un albuminoïde avec un composé riche en phosphore, peut-être le fragment

(1) Les dernières analyses qui ont été faites de la mucine tendent toutes à y faire reconnaître la présence du *S*. Landwehr (250) a trouvé 0.505 à 0,86 % de *S* dans la mucine submaxillaire, 0,45 à 0,58 % dans la mucine biliaire de l'homme, 1,1 % dans la mucine biliaire du veau, 0,4 % dans la mucine de l'Helix pomatia (251). Hammarsten (245) a également trouvé 1,04 % de *S* dans la mucine du cordon ombilical. Dans la métalbumine qu'il a identifiée avec la mucine, il (253) a décélé une proportion de 1,25 % de *S*. Giacosa (255) a signalé une teneur de 1,32 % dans la mucine de l'enveloppe des œufs de batraciens. Hammarsten (263), poursuivant ses études sur les mucines, a trouvé une proportion de 1,71 % de *S* dans la mucine du manteau de l'Helix, 1,79 dans la substance mucinogène et 1,60 dans la mucine du pied, Enfin, d'après Löbisch (264), la mucine du tendon d'Achille du bœuf contient 0,81 % de *S*. Nous avons tenu à reproduire ces analyses en détail, parce que les traités classiques de Gorup-Besanez, Hoppe-Seyler et Wurtz signalent toujours la mucine comme dépourvue de *S*.

Pour ce qui concerne l'élastine, W. Müller (238) a trouvé dans ses analyses du ligament cervical du bœuf une proportion de 0,08 % de *S*.

phosphoré d'une nucléine. Quelle est la nature de l'élément albuminoïde de la plastine? Nos connaissances sur la composition chimique de ce composé sont trop incomplètes pour que nous puissions résoudre cette question. Mais, à ne considérer que les propriétés de la plastine, nous sommes tenté de la rapprocher de l'élastine, comme J. B. Carnoy l'a déjà proposé (1). Aussi adoptons-nous sans réserve sa classification des substances protéiques réfractaires dans laquelle il range les plastines à côté des élastines et des kératines.

Mais à la suite de quels processus ces substances réfractaires prennent-elles naissance dans la cellule?

Les phénomènes chimiques qui se passent dans l'intimité de la cellule nous sont fort incomplétement connus.

Pour pouvoir interpréter ces diverses réactions, il faudrait connaître la structure moléculaire des protéines et des albuminoïdes qui en dérivent par voie de dédoublement. Mais malgré les intéressantes observations de Schützenberger sur la constitution de ces composés, il nous est encore fort difficile de soupçonner les relations des albuminoïdes avec les albumines typiques et les réactions qui leur donnent naissance aux dépens de ces dernières.

Une observation de Krukenberg (265) est peut-être destinée à jeter quelque lumière sur cette question. D'après cet auteur les protéines (albumines véritables) constitueraient des combinaisons de groupements moléculaires complexes appartenant à deux groupes différents qui auraient pour types l'hémialbumose et l'antialbumose. Ces deux groupes seraient unis dans la molécule des albumines. Les albuminoïdes et les squelettines au contraire auraient une composition beaucoup plus simple et devraient être rattachés en un groupe aux composés de la série anti. Les albuminoïdes se formeraient donc aux dépens des albumines typiques par la dissociation de celles-ci en leurs deux composants. Cette dissociation que l'on peut réaliser facilement par les acides dilués ou les alcalis, l'eau surchauffée ou les enzymes, est due par conséquent à une simple hydratation.

(1) Cette assimilation se justifie encore par les considérations suivantes. Si nous adoptons pour la plastine et la nucléine les formules de Reinke et Miescher, et si de la molécule de la plastine nous soustrayons au moins deux molécules de nucléine, le reste correspond à un corps dont la composition centésimale serait *C* 55,64, *H* 7,45, *N* 15,30, *O* 21,22, *S* 0,39, composition voisine si pas identique de celle que Müller attribue à l'élastine *C* 55,46, *H* 7,41, *N* 16,19, *O* 20,89, *S* 0,08. Du reste Miescher lui-même a signalé une certaine analogie entre la variété insoluble de la nucléine et les substances élastiques.

De ces divers procédés, il n'en est guère qu'un que la cellule puisse mettre en œuvre, c'est l'hydratation par les ferments, car nous savons qu'il n'y a pas de protoplasme sans enzyme protéolytique. La cellule décompose ainsi ses albumines et fabrique à leurs dépens ses albuminoïdes. Ceux-ci ne sont plus directement attaquables par les enzymes, du moins plus à la façon des albumines qui leur ont donné naissance (1).

Quelle que soit la valeur de cette théorie, elle acquiert un intérêt tout particulier si nous la rapprochons de nos connaissances sur l'évolution et la différentiation cytochimiques. Les cellules jeunes embryonnaires et les cellules en voie de prolifération active se font remarquer par leur richesse en albumines véritables (globulines, vitelline, myosine, etc.) et par leur faible proportion en albuminoïdes (plastine, élastine, etc.). Par la digestion, de pareils éléments cellulaires se dissolvent sans laisser pour ainsi dire de résidu. A un stade ultérieur, on reconnaît une forte quantité de mucine que nous avons vu devoir être une des premières phases de la transformation des albumines. Cette mucine se rencontre dans tous les tissus embryonnaires, dans le tissu du cordon ombilical, dans le tissu conjonctif du type embryonnaire et dans les tissus d'un grand nombre d'animaux inférieurs (mollusques, échinodermes, etc.). En même temps que la cellule se développe et se fixe, son réticulum acquiert plus de puissance et la cellule tout entière s'entoure d'une membrane d'enveloppe. On y reconnaît alors à toute évidence des substances nouvelles réfractaires à l'action des ferments, de véritables albuminoïdes : la plastine ou même peut-être l'élastine. En effet, l'élastine est abondamment répandue dans toutes les cellules et constitue le principal élément des membranes, comme Donders le proclamait déjà en 1851. A mesure que la cellule avance en âge, sa richesse en albuminoïdes augmente; en même temps la proportion des albumines diminue au point de disparaître totalement. C'est ainsi que Reinke (247), dans le protoplasme de l'*Aethalium septicum*, n'a trouvé que 9 % de vitelline et de myosine (y compris la pepsine), pour 27,4 % de plastine. De même, il (257) a traité des *Vaucheria* par les meilleurs réactifs des albumines, sans être parvenu à en déceler des traces dans le protoplasme vivant. Enfin, dans les cellules qui ont acquis leur com-

(1) Cette formation d'albuminoïde par action enzymatique est d'autant plus probable que c'est à un processus analogue que Carnoy attribue la production de la plastine aux dépens de la nucléine dans les cellules en voie de division. En outre, l'hémialbumose que l'on peut mettre en évidence dans la plupart des transsudats de l'organisme, vient par sa présence témoigner de la réalité de la dissociation des albumines en albuminoïdes ou anticomposés et en hémiproduits.

plet développement et qui sont arrivées à la fin de leur évolution, une nouvelle modification chimique se produit dans certaines circonstances, c'est la kératinisation. Le contenu de la cellule tout entière se transforme en kératine et la cellule meurt.

La kératine se forme, d'après KRUKENBERG, aux dépens des substances de la cellule par simple élimination d'eau (1), élimination qui ne peut être comparée à une dessiccation, car la kératinisation se produit dans des tissus qui ne cessent pas un instant d'être humectés, par exemple dans l'épiderme de mammifères aquatiques, chez le fœtus, etc.

Nos connaissances sur la névrokératine nous permettent-elles de ranger cette substance à côté des albuminoïdes dont nous venons d'exposer l'histoire? Comme celles-ci, la névrokératine n'apparaît dans les fibres nerveuses que lorsqu'elles ont atteint un stade plus ou moins avancé de leur évolution. En effet, d'après les recherches de UNGER et de WITKOWSKI, le cerveau de l'embryon ne contient pas de névrokératine, cette substance n'apparaît que plus tard, lorsque la différentiation tissulaire est suffisamment avancée et que les cellules se chargent de myéline.

Obtenue par la méthode de EWALD et KÜHNE, la névrokératine est insoluble dans l'acide sulfurique et la potasse caustique à froid. Traitée par la potasse bouillante, elle se montre plus réfractaire que la kératine. Elle est également plus difficilement attaquée par l'acide acétique glacial à 150° que cette dernière substance. Soumise à l'ébullition pendant cinq heures dans l'acide sulfurique dilué, elle abandonne un résidu, tandis que la corne se dissout entièrement dans les mêmes conditions. Par l'ensemble de ses propriétés elle paraît donc être d'une nature beaucoup plus réfractaire que la kératine elle-même (2).

Nous avons également essayé sur la névrokératine les principales réac-

(1) Nous croyons toutefois qu'une simple élimination d'eau est insuffisante pour expliquer les modifications chimiques qui caractérisent la transformation des albumines en kératines. Nous préférons admettre, avec DRESCHEL (259) que dans le processus de la kératinisation il se produit en outre le remplacement d'un *O* par un *S*, ainsi que la transformation du groupement leucique en un groupement tyrosique.

(2) EWALD et KÜHNE sont les seuls auteurs qui aient étudié les caractères chimiques de la névrokératine. Personne n'a reproduit leurs observations. Les quelques réactions que nous avons tentées sur la névrokératine des nerfs sciatiques nous ont fourni des résultats un peu différents de ceux des savants allemands. Les loisirs nous ont fait défaut pour poursuivre nos recherches. Aussi verrions-nous avec plaisir qu'un autre observateur reprit cette question; nous sommes persuadé qu'il ne perdrait pas son temps Une remarque analogue s'applique à la plastine dont personne ne s'est occupé après REINKE.

tions des albuminoïdes. Elle montre la réaction de Millon et la réaction xanthoprotéique, tandis qu'elle ne se colore pas par le réactif de Fröhde, caractère qui la différencie des kératines proprement dites.

Si la névrokératine semble se distinguer des kératines, il n'en est pas moins vrai qu'elle doit être rangée au nombre des albuminoïdes, comme le démontrent la plupart de ses propriétés chimiques. Elle possède évidemment la même signification que les autres albuminoïdes qu'on rencontre dans toutes les cellules indistinctement. Si l'on songe maintenant que, d'après les recherches de Reinke, il existe un grand nombre de plastines, que chaque espèce de cellules possède, pour ainsi dire, sa plastine spéciale; qu'en outre la plastine est un élément nécessaire à l'existence du protoplasme vivant; on admettra comme légitime l'assimilation que nous croyons devoir faire du réseau de névrokératine de la fibre nerveuse avec le réticulum de plastine qu'on rencontre dans les cellules animales et végétales.

Cette assimilation trouve aussi sa justification dans une remarque de Lahousse (188). Cet auteur a observé que, dans les cellules ganglionnaires, » le corps cellulaire est composé d'un réticulum dont les mailles s'élargissent » à mesure qu'elles s'éloignent du noyau, réticulum qui communique à l'aide » de fins prolongements, sans interruption, avec les filaments de névrokéra- » tine de la capsule (1). « Nous croyons inutile d'insister sur la signification du réticulum de la cellule ganglionnaire; il nous suffira de rappeler que c'est un des premiers éléments sur lesquels on ait reconnu la structure réticulée du protoplasme. L'union intime de ce réticulum avec le réseau de névrokératine constitue un argument sérieux en faveur de notre thèse.

Les propriétés du réseau de Ewald et Kühne ne constituent donc pas un critérium suffisant pour en faire une substance spéciale, qui ne se rencontrerait que dans les tissus nerveux et serait assimilable aux substances kératoïdes de l'épiderme. Du reste l'histogénèse est loin d'avoir élucidé à la satisfaction générale les rapports des tissus nerveux avec l'épiderme, du moins pour ce qui concerne les tissus nerveux périphériques. Il importe d'ailleurs de remarquer que la kératine n'est pas un produit dont la présence démontre l'origine ectodermique des tissus dans lesquels on la rencontre. Ainsi la coquille des œufs des oiseaux et la coque des œufs des sélaciens contiennent une forte proportion de kératine, et ces productions n'ont aucun lien génétique avec le feuillet épiblastique. D'un autre côté, le limaçon des vertébrés supérieurs, qui dérive du feuillet épidermique, ne contient, au dire de Steinbrügge (262), aucune trace de kératine.

(1) Lahousse : La cellule nerveuse et la névroglie; Anatom. Anz., n° 5, 1886, p. 115.

En outre, les conditions dans lesquelles on essaie le pouvoir digestif de la pepsine ou de la pancréatine sur le réseau de névrokératine favorisent encore la résistance naturelle de celui-ci. On connaît en effet la difficulté que présentent les ferments à digérer certaines albumines coagulées. Or le réseau corné est soumis à la digestion, après avoir été traité par l'alcool absolu et bouillant qui doit transformer les albuminoïdes du tube nerveux en un composé fortement réfractaire.

Une observation de Pertik vient à l'appui de notre manière de voir. Il a reconnu en effet que la résistance, opposée par le réseau de névrokératine à la digestion, est d'autant plus considérable que la concentration de l'alcool employé pour le développer a été plus forte. Rumpf avait déjà observé que le réseau n'était pas absolument réfractaire à l'action de la pancréatine et que les travées sont en grande partie dissoutes par la digestion. Il en conclut, (sans motifs suffisants toutefois), qu'elles doivent être constituées par un axe de nature cornée et un revêtement albuminoïde attaquable par les ferments digestifs. C'est pourquoi il lui donna le nom de *hornführende Scheide*.

Horbaczewski (252) a démontré que l'élastine, quand elle se trouve divisée en particules fort ténues, se dissout assez rapidement (1). » Ich war » bemüht, zu zeigen, conclut-il, dass das Elastin, wenn es nur fein genug » vertheilt ist, in ziemlich kurzer Zeit verdaut, respective gelöst werden » kann. In diesem Zustande ist es zweifelsohne resorptionsfähig (2).«

La résistance que certains albuminoïdes opposent à se laisser attaquer par les ferments digestifs dépend non seulement des modifications chimiques qu'ils ont subies, mais aussi quelquefois des conditions dans lesquelles l'action digestive s'opère. C'est ainsi que Pertik, tout en confirmant l'observation de Rumpf, prétend que l'insolubilité du réseau par la digestion résulte de l'action des réactifs, comme il a pu du reste le constater en traitant des globules sanguins par l'alcool bouillant et l'éther. Ces éléments laissaient alors un résidu notable. Ce dernier fait prouve à toute évidence l'influence des coagulants sur la digestibilité des albuminoïdes (3).

Pertik, se basant en outre sur des réactions microchimiques, est amené à se prononcer contre la nature cornée du réseau de Ewald et Kühne, et à lui attribuer une origine myélinogène. » Das homogene Nervenmark,

(1) Horbaczewski: Ueber d. Verhalten d. Elastins bei d. Pepsinverdauung; Zeitsch. f. physiol. Chemie, Bd. VI, 1882, p. 344.

(2) Ewald et Kühne avaient déjà signalé le même fait.

(3) Retzius a également signalé cette influence de l'alcool sur la digestibilité de certains organes (rétine).

» dit-il, wurde also durch Alkoholextraction in zwei Theile geschieden : » in die extrahirte und in die, in netzförmiger Anordnung zurückbleibende » Substanz, von welchen letztere minder ausgesprochene myelinogene » Eigenschaften besitzt als erstere (1). «

En résumé, ces observations nous amènent à conclure que la substance qui constitue le réseau de névrokératine appartient à un groupe de matières azotées, congénères des albuminoïdes. Ce groupe comprend les plastines, les élastines, les kératines, etc., substances qui se trouvent répandues en proportions diverses dans tous les tissus et dans toutes les cellules en général, et qui paraissent résulter d'une différentiation chimique des albumines de la cellule.

Il n'y a donc pas lieu à notre avis d'adopter en biologie le terme de névrokératine, pour désigner la substance du réseau de Ewald et Kühne. Cette substance étant analogue, sinon identique, à la plastine de Reinke existant dans toutes les cellules, et le réseau lui-même représentant celui des cellules ordinaires, il convient de désigner le réticulum nerveux sous le nom de réticulum de plastine, en assignant au terme de plastine une signification générale, applicable à toutes les substances réfractaires qui entrent dans la constitution du réticulum plasmatique de J. B. Carnoy. Nous ne prétendons pas par là résoudre le problème de la véritable composition chimique de ce réticulum, ni lui attribuer une nature plastinienne plutôt que kératinienne. Nous laissons au chimiste le soin de différencier toutes ces substances les unes des autres. Dans le choix de cette dénomination, nous avons d'ailleurs été guidé par les mêmes motifs qui l'on fait proposer par Reinke. Cet auteur a voulu seulement rappeler le rôle de cet élément dans la constitution du protoplasme, sans insister sur sa composition chimique.

CONCLUSIONS.

Nous terminons ici nos observations sur le réseau de Ewald et Kühne, et nous croyons pouvoir en tirer les conclusions suivantes :

1° L'*innere Hornscheide* de Ewald et Kühne n'existe pas;

2° Le réseau que ces auteurs ont nommé » réseau de névrokératine « est préformé et ne résulte pas de l'action des réactifs sur la myéline;

3° Obtenu par la méthode classique de l'alcool et de l'éther, ce réseau diffère d'aspect non seulement suivant les animaux où on l'étudie, mais en-

(1) Pertik : loc. cit., p. 233.

core chez un même animal et sur un même nerf, suivant les fibres nerveuses que l'on examine;

4° Ce réseau se continue dans toute la longueur d'un même segment interannulaire; il n'est interrompu qu'au niveau des étranglements de Ranvier;

5° Il est formé d'une substance spéciale congénère de la plastine de Reinke, et représente, dans le segment interannulaire de la fibre nerveuse, le réticulum plastinien qu'on rencontre dans toutes les cellules.

II. LE RÉSEAU DE LANTERMAN.

Lanterman, en traitant les nerfs par l'acide osmique en solution très diluée (1 : 1000), a observé dans la couche médullaire un réseau d'une régularité parfaite, qu'il a figuré très fidèlement, mais dont il a négligé de donner une description détaillée. Il s'est borné à signaler » eine zierliche » netzförmige Zeichnung, welche an den Osmiumpräparaten oft in sehr » grosser Regelmässigkeit hervortritt. Was dieselbe bedeute, ajoute-t-il, » vermag ich zur Zeit nicht anzugeben (1). «

L'observation de Lanterman n'obtint aucun retentissement. Personne ne s'est appliqué depuis à rechercher la signification de ce réseau. Le premier qui revit cette disposition fut Koch. » Die von Lanterman erwähnte » netzförmige Zeichnung an den Marksegmenten hatte ich ebenfalls mehr- » fach zu beobachten Gelegenheit, jedoch nur an Fasern, welche nach » vorangehender Entwässerung durch Alkohol in Canadabalsam einge- » schlossen waren (2). « Cet auteur n'ajoute rien pour expliquer cet aspect. Pertik, dans le cours de ses études sur l'action de l'acide osmique sur les fibres nerveuse à myéline, a reconnu également l'existence de la disposition signalée par Lanterman. Il en a reproduit une figure fort imparfaite, et l'a attribuée à l'action du réactif dont la concentration n'a pas été suffisante pour fixer uniformément le moelle nerveuse, qui a subi un commencement de décomposition myélique.

Boveri figure plus fidèlement le réseau de Lanterman sur une coupe longitudinale de fibre nerveuse : il attribue également cette disposition à l'action des réactifs. Contrairement à l'opinion de Pertik, Boveri admet la fixation directe de la myéline par l'acide osmique et interprète le réseau de

(1) Lanterman : Ueb. d. fein. Bau d. markhaltig. Nervenfasern; Arch. f. mikr. Anat., Bd. XIII, 1877, p. 8.

(2) Koch : Ueb. d. Marksegmente, etc., p. 11.

Lanterman en supposant que lorsque la moelle nerveuse commence à se décomposer, les formations myéliques apparaissent sous forme de gouttelettes plus ou moins considérables qui se séparent du reste de la moelle. Dans les figures obtenues, la portion réticulée colorée en gris représenterait la moelle qui n'a pas encore subi de modifications, et le réseau de Lanterman serait dû à l'apparition dans la couche médullaire de gouttelettes myéliques, produit de décomposition de la moelle nerveuse.

En présence du peu de données concordantes que nous possédons sur cette question, il nous a paru intéressant de reprendre cette étude et de rechercher la véritable signification du réseau de Lanterman.

Pour le mettre en évidence, nous avons suivi la méthode suivante qui, de toutes celles que nous avons essayées, nous a donné les meilleurs résultats. Nous nous sommes servi du nerf sciatique fixé en extension physiologique. Nous le plongeons le plus rapidement possible dans un mélange de dix parties de bichromate de potassium à 2 p.c. et de deux parties d'acide osmique à 1 p.c., mélange dans lequel nous maintenons le nerf pendant environ deux heures; après quoi nous en achevons le durcissement en le laissant séjourner pendant vingt-quatre heures dans une solution de bichromate de potassium à 2 p.c. Après un lavage à l'eau distillée, le nerf est dissocié au moyen des aiguilles, et monté en préparation permanente dans la résine Dammar, après éclaircissement préalable dans l'essence de térébenthine. On peut également colorer les fibres à l'aide de l'une ou l'autre matière d'aniline; nous avons employé de préférence l'éosine en solution alcoolique concentrée.

Sur des préparations bien réussies, les fibres se font remarquer par des détails de structure qui ressortent avec évidence : on y distingue la présence des incisures de Schmidt et l'existence d'un réseau d'une netteté admirable.

La disposition des incisures obliques est trop connue pour que nous nous y arrêtions.

La couche médullaire ne forme pas une couche homogène, sans structure, régulièrement colorée, comme la plupart des auteurs la décrivent après l'action de l'acide osmique; mais elle présente un réseau d'une régularité parfaite dont les travées, colorées en gris de fer uniforme, délimitent des mailles plus ou moins arrondies et d'égale grandeur, fig. **24**. Quelquefois on en remarque cependant qui sont plus considérables, surtout vers le milieu du segment cylindro-conique. La coloration que le réseau prend sous l'action de l'acide osmique varie aussi avec les différentes fibres nerveuses qu'on examine; elle varie du noir au jaune sale, en passant par le gris de fer.

Le contenu des mailles reste incolore ; l'impression qui résulte de l'examen de cette disposition est celle que produirait un corps percé de trous, comme une éponge. Si l'on examine une fibre nerveuse ainsi préparée en coupe optique, ou si l'on étudie une coupe longitudinale de nerf faite au microtome, on remarque que les bords colorés par l'acide osmique ne se présentent pas sous la forme d'une ligne régulière, uniformément colorée en noir, mais sous la forme d'un rebord non seulement interrompu par les incisures obliques, mais encore percé de trous régulièrement disposés les uns à côté des autres en une rangée longitudinale. Le même aspect s'observe encore sur des coupes transversales de fibres nerveuses. Chaque fibre se montre délimitée par une semblable couche périphérique.

Au niveau des incisures obliques, sur la partie effilée du segment cylindro-conique, ce réseau devient plus serré et se poursuit jusqu'à la terminaison contre la membrane de Schwann où il s'interrompt brusquement, ou contre le cylindre-axe avec lequel il semble se continuer en se transformant en une disposition fibrillaire longitudinale. Au niveau des étranglements annulaires, les extrémités des deux segments voisins se continuent de même avec le cylindre-axe, qui existe seul en cet endroit.

De même que le réseau de névrokératine, le réseau de Lanterman présente des différences notables suivant les fibres d'un même nerf, ou suivant les segments interannulaires d'une même fibre. Tantôt en effet les mailles de ce réseau sont relativement grandes, principalement vers le milieu du segment cylindro-conique, et forment un réticulum plus ou moins lâche, fig. **23**, **24**; tantôt elles sont petites, affectent toutes des dimensions égales et paraissent parfois constituer une couche granuleuse, qu'on ne parvient à résoudre en un réticulum qu'à l'aide d'un grossissement plus fort. C'est surtout sur ces dernières fibres qu'on observe le mieux la *Stäbchenstructur* de Lanterman-Mc. Carthy.

Toutes ces différences dans la disposition du réseau de Lanterman s'observent également sur des coupes transversales de fibres nerveuses. La fig. **21** représente la plupart des formes qui se rencontrent dans une coupe du sciatique, et nous évite ainsi d'insister davantage sur la description de chacune d'elles en particulier. Nous nous bornerons à attirer l'attention sur celles de ces fibres où la couche périphérique non interrompue, qui se présente à l'aide des méthodes ordinaires, est remplacée par une couche de bâtonnets indépendants vis-à-vis les uns des autres, et correspondant à cette forme de réseau que Lanterman et Mc. Carthy ont décrite.

Sur une coupe optique, la membrane de Schwann paraît doublée d'une couche formée de petits bâtonnets disposés en série perpendiculairement à l'axe de la fibre. Vus de champ, ces bâtonnets se montrent sous forme de points correspondant aux points nodaux du réticulum. Si Mc. Carthy n'a pas reconnu cette disposition réticulée de la couche de bâtonnets, la cause en est certainement due au peu de puissance des objectifs qu'il a employés.

Nous avons également observé la *Stäbchenstructur* sur des fibres nerveuses traitées par l'alcool et l'éther, et d'où la myéline avait complètement disparu. La couche de bâtonnets était formée par le réseau de névrokératine, ce qui nous porte à croire que ce réseau correspond au réseau de Lanterman. Un autre fait confirme cette manière de voir : le réseau de Lanterman et la *Stäbchenstructur* persistent comme tels, lorsqu'on enlève la myéline par l'alcool et l'éther sur des fibres traitées par l'acide osmique. Bien plus, ces dispositions réticulées acquièrent alors une évidence plus frappante, en conservant la coloration que le réactif leur a communiquée. L'alcool et l'éther ne développent plus ici, comme sur des fibres fraîches, l'apparition d'un réseau de névrokératine, mais ils donnent au réseau de Lanterman une netteté et une réfringence qu'il ne possédait pas auparavant.

Dans tous les cas, cette observation démontre clairement que la *Stäbchenstructur* n'est pas due à une structure spéciale de la myéline, ni à une action particulière de l'acide osmique; Mc. Carthy a d'ailleurs décelé l'existence de ces bâtonnets en traitant les nerfs par le monochromate d'ammoniaque.

Ces petits bâtonnets existent au sein de la myéline, ils y forment un réseau qu'on peut mettre en évidence, soit en en faisant disparaître la myéline, soit en le colorant par l'acide osmique.

Ces faits tendraient à faire supposer que, dans la couche médullaire, ce n'est pas la myéline qui se colore en noir par l'acide osmique, mais une substance spéciale qui imprègnerait le réticulum. Une observation de Rawitz vient confirmer cette manière de voir. » In der Faser, dit-il, bleibt nach » dem Kochen, eine eigenthümliche, wirr aussehende Masse zurück, die » sich mit Osmium gelb färbt. Dieselbe scheint eine Stützsubstanz für das » Mark zu sein und ist wahrscheinlich mit den von Kühne und Ewald be- » schriebenen *Hornscheiden* identisch(1). « Il constate donc ainsi également que l'acide osmique colore le réseau, et non la myéline. Nous signalerons

(1) Rawitz : Die Ranvier'schen Einschnürungen, etc.; Archiv f. Anat. u. Phys., 1879, p. 73.

plus loin, en exposant nos recherches sur les caractères microchimiques de la myéline, des expériences qui nous paraissent démontrer ce fait d'une façon incontestable.

Quelle est la signification de ce réseau? Répond-t-il à une disposition normale du contenu de la fibre myélinique, ou bien est-il un produit artificiel, déterminé par l'action du réactif sur le contenu du tube nerveux?

Lanterman ne s'est pas prononcé sur cette question et a négligé d'interpréter la disposition qu'il avait découverte. Pertik et Boveri sont d'accord pour le considérer comme un produit artificiel et en attribuer l'apparition à l'action de l'acide osmique. Les arguments qu'ils font valoir, en faveur de leur manière de voir, ne nous semblent pourtant pas suffisants pour écarter tout doute au sujet de l'existence réelle de cette structure réticulée.

Pertik, comme nous l'avons vu, l'attribue à la production des figures myéliques. L'aspect général de la fibre nerveuse autorise-t-il une pareille interprétation? Nous ne le croyons pas, car, si le réactif n'était pas suffisamment concentré pour fixer instantanément la myéline, le gonflement de celle-ci au contact de l'eau du réactif, aurait pour premier effet de détruire les incisures obliques, comme on peut le reconnaître en traitant des fibres nerveuses par l'eau. Or les fibres qui nous ont montré les incisures obliques sont trop régulières, trop nettes, pour que nous puissions supposer un seul instant que la myéline a subi la moindre modification physique. Cette simple observation met de même à néant l'interprétation de Boveri qui recourt aussi à la formation de figures myéliques pour expliquer l'apparition du réseau de Lanterman.

Boveri base son hypothèse sur un fait que nous pouvons pleinement confirmer, mais qui admet une toute autre explication que la sienne. Il déclare en effet que ce réticulum ne s'observe bien que sur les fibres situées au centre du faisceau nerveux, là où par conséquent le réactif ne pénètre que difficilement; l'acide osmique agit d'abord sur les tubes nerveux périphériques, et son action se trouve fort affaiblie lorsqu'il parvient au centre du faisceau nerveux. Il en résulte que les fibres centrales subissent un commencement de décomposition de la myéline, avant que celle-ci soit définitivement fixée par le réactif.

Boveri reconnaît ainsi, sur une coupe longitudinale d'un nerf, tous les intermédiaires entre la fibre nerveuse instantanément fixée, et présentant un bord noir continu sans indication d'incisures obliques; la fibre nerveuse montrant nettement les segments cylindro-coniques uniformément colorés

par l'acide osmique; et enfin la fibre dont la myéline montre le réseau de Lanterman. Ces différences d'aspect, Boveri les attribue aux différences de concentration du réactif et aux différences de rapidité dans son action.

Nos observations personnelles ne nous permettent pas d'accepter l'explication de Boveri. En effet si, tout en suivant la méthode que nous avons décrite plus haut, nous soumettons un nerf à l'action de l'acide osmique pendant vingt-quatre heures, au lieu de deux heures, et que nous le débitons ensuite en coupes transversales, pour apprécier la distribution topographique des fibres à réticulum, nous constatons l'absence absolue de pareilles fibres, tant au centre qu'à la périphérie du faisceau nerveux. Toutes possèdent l'aspect des fibres périphériques des coupes de Boveri.

Voulant nous convaincre que ce résultat ne dépendait pas de circonstances dont nous n'avions pu soupçonner l'influence, nous avons agi par voie détournée. Après avoir fixé un nerf sciatique de grenouille en extension physiologique, nous l'avons plongé pendant deux heures dans le mélange osmico-bichromique. Ensuite nous avons partagé le nerf en deux portions dont l'une a été maintenue dans ce même mélange pendant vingt-quatre heures, tandis que l'autre a été immédiatement montée en préparations permanentes, après dissociation ou débit en coupes transversales et longitudinales. Cette dernière portion nous a toujours montré des fibres à réticulum, alors que celle dont le séjour dans le réactif a été prolongé pendant vingt-quatre heures n'en montre plus aucune. Enfin, nous avons tenté une dernière expérience. Au lieu de maintenir le nerf pendant deux heures dans le réactif, nous l'en avons retiré au bout de quelques minutes, avant même que le réactif n'eût pénétré jusqu'au centre du faisceau, et nous avons alors toujours vu sur les fibres périphériques le réseau de Lanterman.

De même, Jacobi, après avoir étudié l'action de l'acide osmique sur la myéline, critique l'opinion de Boveri et émet une interprétation analogue à la nôtre. Voici en quels termes il s'exprime à ce sujet : » Bezüglich der Con-
» centration der Erhärtungsflüssigkeit kann ich Boveri nicht ganz beistim-
» men, wenn er sagt, dass eine Osmiumsäurelösung von $^1/_2$—1,0 % nöthig
» sei, um die Markscheide unverändert zu conserviren; ich habe theilweise
» mit noch dünneren Lösungen von 0,05—0,1 % gearbeitet und diese ent-
» sprechend länger einwirken lassen, habe aber immer gefunden, dass in den
» äussersten Lagen des Nervenstämmchens die Markscheide ein vollständig
» homogenes Aussehen darbot und an feinsten Längsschnitten bei Untersu-
» chung mit starkster Immersion nicht von feinen schwarzen Körnchen,

» die nach Pertik der Rest einer durchgemachten Myelinformation sein » sollen, zu bemerken war (1). «

Nous pouvons donc conclure, avec Jacobi, que l'acide osmique, n'importe son degré de concentration ou sa durée d'action, fixe instantanément la myéline : elle colore plus particulièrement une substance qui se trouve répartie dans la couche médullaire en un réticulum fort régulier. Sous l'action peu prolongée de l'acide dilué, on obtiendra toujours le réseau de Lanterman, quelles que soient les autres conditions dans lesquelles le réactif agit. Si au contraire l'action de celui-ci persiste trop longtemps, ou si l'on emploie une solution trop concentrée, non seulement les travées du réseau noircissent, mais bientôt le contenu des mailles prend lui-même une égale coloration, et l'apparence réticulée disparaît entièrement pour faire place à une couche uniformément colorée, telle que tous les auteurs la décrivent.

N'étant pas un produit artificiel, déterminé par le réactif, le réseau de Lanterman répondrait-il à une structure générale du segment interannulaire?

L'observation directe de la fibre vivante, ou de fibres enlevées fraîchement à un animal et dissociées sans addition de réactif, pouvait seule élucider cette question. A cet effet nous avons examiné un nerf sciatique de rat dissocié sur le porte-objet, en l'exposant seulement à l'humidité de l'haleine, pour éviter l'évaporation qui eût pu altérer les fibres.

Immédiatement portées sous le microscope, les fibres nerveuses possèdent encore leurs doubles contours, et les incisures obliques se dessinent avec une grande netteté. En examinant alors, avec un grossissement de 500 à 600 diamètres, la portion d'un segment cylindro-conique délimité par un bord encore parfaitement régulier, il ne nous a pas été difficile d'observer l'existence d'un carrelage analogue à celui que l'acide osmique met en évidence, moins apparent toutefois, à cause de la réfringence considérable de la myéline qui empêche parfois de distinguer nettement les trabécules du réticulum. Quoi qu'il en soit, ce réseau est suffisamment apparent pour convaincre tout observateur de la réalité de son existence. Nous avons confirmé cette observation sur les fibres nerveuses de la grenouille. On peut également constater l'existence de ce réseau à l'aide de la solution physiologique de sel marin (0,75 %).

(1) Jacobi : Zum fein. Bau d. peripheren markhaltigen Nervenfaser; Verhandl. d. physik. med. Gesellsch. zu Würzburg, N. F., Bd. XX, n° 3, 1886, p. 13, 14.

La dessiccation lente sur le porte-objet d'une pareille préparation ne détruit pas le réseau; il paraît, il est vrai, un peu plus irrégulier, plus tiraillé, mais il n'en est pas moins évident. Nous avons tenu à figurer l'aspect que présentent des fibres nerveuses du sciatique du rat, dissociées à frais sur le porte-objet, sans addition de réactif, et soumises à la dessiccation lente à l'air libre, FIG. 17. Cette figure écarte tout doute sur la réalité de la disposition que nous venons de décrire.

Nous pouvons donc conclure que le réseau de LANTERMAN existe à l'état normal. Sa régularité et son analogie avec le réticulum que l'on observe dans toute cellule, sont autant d'arguments en faveur de notre thèse. Quelques-uns des arguments que nous avons fait valoir pour démontrer la préexistence du réseau de EWALD et KÜHNE, s'appliquent parfaitement au réseau de LANTERMAN. Ces deux dispositions présentent des analogies si nombreuses que nous n'hésitons pas à leur attribuer une même signification, et à reconnaître qu'elles sont toutes deux l'indice d'une seule et même structure du contenu du segment interannulaire.

Cette similitude des deux réseaux ressort clairement de nos figures. Leur forme est la même : la disposition de LANTERMAN ne diffère de celle de EWALD et KÜHNE que par l'existence dans la première des incisures obliques. Nous ne sommes guère parvenu à reconnaître d'une façon certaine sur le réseau de névrokératine des interruptions correspondant aux incisures de SCHMIDT. Cependant nous croyons pouvoir déclarer que cette question est loin d'être complétement élucidée pour nous. Sur plus d'une préparation, nous avons remarqué des irrégularités dans le réticulum, qui semblaient, par leur distribution et leur forme, pouvoir être considérées comme l'indication de ces incisures. En outre, une méthode spéciale, l'emploi de l'alcool absolu chargé d'anhydride sulfureux, nous a permis de reconnaître une disposition particulière des trabécules du réseau de névrokératine, disposition qui ne peut être rapportée qu'à l'existence des incisures de SCHMIDT-LANTERMAN.

L'effacement des incisures peut résulter de la rétraction brusque que subissent les extrémités des segments cylindro-coniques sous l'action de l'alcool absolu et bouillant. On comprend parfaitement que, dans ces conditions, les extrémités de deux segments voisins, en se rétractant, se mettent en contact immédiat l'une avec l'autre, de manière à faire disparaître l'incisure, et s'accolent si intimement qu'il devient impossible de reconnaître, en cet endroit du réseau, l'existence de deux feuillets appliqués l'un contre l'autre.

Une observation de Waldstein et Weber tend également à faire admettre la persistance dans la charpente cornée d'interruptions régulières correspondant aux incisures de Schmidt. Ces auteurs ont remarqué que » les tubes nerveux de la grenouille, lorsqu'ils ont été soumis à la digestion » après traitement par l'alcool absolu, se montrent cassés en tronçons de » longueur variée..... La longueur des fragments dans lesquels se décom- » posent les tubes nerveux de la grenouille correspond à peu près à celle » des segments cylindro-coniques compris entre les incisures de Schmidt, » ce qui semble indiquer que le réseau noueux est interrompu au niveau » des incisures (1). «

Nous croyons donc pouvoir conclure que le réseau de Ewald et Kühne est identique au réseau de Lanterman; que ces deux réticulums correspondent à une disposition normale de la couche médullaire de la fibre nerveuse, et ne sont pas des produits artificiels dûs à l'action des réactifs. Leur régularité, leurs formes semblables, leur apparition sur des fibres fraîches et après l'action de réactifs différents tant au point de vue chimique que physique, l'existence d'un réticulum dans toutes les cellules en général, sont autant d'arguments que nous croyons pouvoir invoquer en faveur de notre thèse.

Il existe dans la couche médullaire de la fibre nerveuse un réseau protoplasmique analogue à celui qui existe dans toutes les cellules, tant animales que végétales. A ce point de vue, le segment interannulaire possède donc la constitution d'une cellule typique complète. Ce réseau est probablement composé d'une substance analogue à la plastine de Reinke et délimite des mailles très régulières occupées par la myéline.

Klein est le seul, à notre connaissance, qui ait émis une opinion analogue à la nôtre dans son petit traité d'histologie : » Le cylindre médullaire » de chaque segment interannulaire, écrit-il, est composé d'un certain nom- » bre de petits cônes imbriqués à leurs extrémités (Schmidt, Lanterman); » chacun de ces segments de cône renferme un certain nombre de petits » corps sous la forme de bâtonnets placés verticalement sur le cylindre-axe. » Ces bâtonnets sont unis en une sorte de réseau. Le réseau lui-même est » très probablement la névrokératine de Ewald et Kühne, tandis que la » substance interstitielle du réseau n'est probablement que la substance » graisseuse se détachant de la fibre nerveuse sous forme de gouttelettes,

(1) Waldstein et Weber : loc. cit., p 16.

» lorsque celle-ci, à l'état frais, est soumise à la pression ou à l'action des » réactifs (1). «

Ceci nous amène à dire quelques mots de la composition chimique de la myéline. Nous ne possédons malheureusement que peu d'analyses directes, et de recherches microchimiques concernant cette substance. Nos quelques connaissances se bornent à des analyses faites sur le cerveau in toto, dont les résultats sont fort peu concordants et ne nous apprennent rien de bien précis sur la nature de la myéline elle-même. Gautier (237) considère la myéline comme » de la cérébrine ou du protagon en partie décomposés » et en parties gonflés et dissous dans les savons de névrine qui résultent de » cette décomposition. N'ayant pas de caractères bien définis, ajoute-t-il, » elle n'offre aucun intérêt particulier (2). «

Hoppe-Seyler (243) et Diaconow (240, 241) prétendent que le protagon de Liebreich serait un mélange de cérébrine et de lécithine. Mais, d'après Hoppe-Seyler (248), ce mélange ne serait pas simple. » Das hypothetische » Protagon könnte aber nicht eine einfache Verbindung von Lecithin und » Cerebrin sein, da eine solche jedenfalls mehr Kohlenstoff enthalten » müsste als das Cerebrin, weil das Lecithin etwas reicher daran ist (3). «

Chevalier (268), dans un travail tout récent, a exposé les résultats obtenus par ses analyses de nerfs sciatiques. Ses observations sur le sciatique du bœuf, du veau et de l'homme démontrent que, dans la substance médullaire, la lécithine existe à l'état libre à côté de la cérébrine. Quant à la graisse, dont les analyses décèlent la présence, elle n'appartiendrait pas aux fibres nerveuses, mais au tissu adipeux qui entoure celles-ci. Mais l'auteur ajoute que seule l'analyse de la substance blanche du cerveau est à même d'élucider complètement cette question (4).

Comme on le voit, nos connaissances sur la constitution chimique de la myéline sont encore fort incomplètes. Nous pouvons les résumer en ces

(1) Klein et Variot : Nouveaux éléments d'histologie, p. 187—188.

(2) Gautier : Chimie appliquée à la physiologie, etc., t. II, p. 209.

(3) Hoppe-Seyler : Physiol. Chemie, p. 680.

(4) Quelqu'extraordinaire que paraisse cette dernière assertion, elle reproduit, croyons nous, exactement la pensée de l'auteur. En effet, résumant le résultat des analyses de ses divers extraits, Chevalier s'exprime comme suit : « Ferner enthält IAa eine bedeutende Quantität Fett, vorzugs- « weise Olein, welches man nicht den Nervenfasern, sonder dem Fettgewebe zwischen denselben « zuzuschreiben hat, und welches daher bei Aufstellung der procentigen Zusammensetzung der Ner- « venfaser in Abzug zu bringen ist..... Es ist ferner evident, dass IB nur Fett enthält, welches nicht « auf die Nervenfaser zu beziehen ist. »

deux propositions : la myéline existe spécialement dans l'enveloppe du cylindre-axe; elle est un mélange mal défini de lécithine et de cérébrine.

Nous avons cherché à obtenir quelques indications à l'aide de réactions microchimiques. Nous avons eu recours à des digestions artificielles et, bien que les résultats obtenus soient loin d'être complets, nous croyons intéressant de les exposer. Nous en profiterons pour faire connaître l'action de la pepsine et de la pancréatine, non seulement sur la myéline, mais encore sur les autres éléments constitutifs de la fibre nerveuse.

DIGESTIONS.

Nous avons préparé nous-même les liquides digestifs artificiels. Le liquide pepsinique a été obtenu à l'aide d'une caillette de veau dont la muqueuse glandulaire a été mise à macérer pendant vingt-quatre heures dans l'eau distillée. L'extrait, soigneusement filtré, a été mélangé à trois volumes d'acide chlorhydrique à 2 pour 1000, suivant la formule de von Wittich(242). Pour obtenir le liquide pancréatique, nous avons suivi la méthode adoptée par Waldstein et Weber. Des pancréas de porc, préalablement débarrassés du tissu adipeux qui les entoure, ont été hâchés menu et broyés dans un mortier avec du sable soigneusement lavé. La pâte ainsi obtenue a été étendue en une couche mince sur un plat de faience, et placée dans une atmosphère sèche et modérément chaude, pour en activer la dessiccation. Le produit pulvérisé a été épuisé par l'éther, et traité simplement par l'eau distillée. Cette préparation est celle qui a fourni les meilleurs résultats et qui s'est montrée la plus active, comme Waldstein et Weber l'ont reconnu.

Les digestions ont été faites dans une étuve à 40°. Les résultats que nous avons obtenus avec la pepsine et la pancréatine sont fort différents. Nous les exposerons successivement.

Digestion pepsinique. — Nous nous servons de petits ballons d'une capacité de 20 à 25 cc. que nous remplissons du liquide digestif. Nous y plongeons un nerf sciatique de grenouille ou de lapin, fixé en extension physiologique. Après quatre à six heures, nous le retirons et le fixons dans le mélange d'acide osmique et de bichromate de potassium dont nous avons donné la formule plus haut, et nous l'y laissons séjourner comme il a été dit à propos du réseau de Lanterman.

Un fait remarquable, c'est que, au sortir du mélange osmique, le nerf ne possède pas cette coloration franchement noire que l'on observe toujours sur

un nerf frais soumis pendant quelques instants à l'action de l'acide osmique. Il présente une coloration brunâtre due au sel chromique. Cette première observation nous portait à croire que la pepsine avait attaqué, ou même fait disparaître la myéline. Aussi était-il intéressant d'observer les fibres nerveuses au microscope.

A cet effet, nous les avons dissociées dans l'eau et soumises à un examen attentif. A notre grand étonnement, les fibres ne paraissent guère avoir subi de modifications sérieuses. Elles sont devenues pour la plupart variqueuses surtout chez le lapin; la myéline, qui existe encore d'une manière incontestable, a donné naissance à des figures myéliques; la membrane de Schwann et le cylindre-axe persistent inaltérés.

Ce résultat inattendu nous a paru d'abord inexplicable. En effet, à quoi attribuer l'absence de coloration par l'acide osmique, alors que nous constatons la persistance de la myéline? La myéline ne se colore-t-elle donc pas par ce réactif? Les auteurs sont pourtant unanimes à lui reconnaître la propriété de noircir sous son action. Il y a donc là une contradiction que nous avions de la peine à expliquer.

Mais si l'on considère ce fait, qui est confirmé par les assertions de Rawitz et de Klein, que l'acide osmique communique au réseau de Lanterman une coloration plus ou moins intense, sans agir sur le contenu des mailles, tandis qu'il n'a plus aucune action sur le réseau de Ewald et Kühne, on sera tenté d'admettre que l'acide osmique colore une substance qui imprègne le réseau de Lanterman, que l'alcool et l'éther dissolvent cette substance, tandis que le reste de la myéline occupe les mailles de ce réticulum et demeure incolore.

Nos expériences sur la digestion pepsinique des fibres nerveuses nous amènent donc à conclure que la myéline se compose au moins de deux substances différentes : l'une d'elles soluble dans l'alcool, se colore par l'acide osmique, est attaqué par le ferment pepsinique et imprègne le réticulum de la cellule myélique, dans lequel elle se trouve en proportion variable suivant les fibres qu'on examine. Ces différences de quantité correspondent peut-être aux différents degrés de l'évolution des tubes nerveux(1). La seconde de

(1) L'existence de cette substance réductrice de l'acide osmique en quantité variable dans les fibres nerveuses est un fait d'observation. Wolff (158) a même décrit dans les nerfs cornéens le passage direct d'une moelle nerveuse véritable à une moelle moins réfringente et ne se colorant pas par l'osmium. Il lui donna le nom de moelle cornéenne, *Corneamark*. De pareils faits s'observent également dans de nombreuses terminaisons nerveuses. Ils sont probablement dûs à la disparition graduelle du composé réducteur de l'acide osmique; la seconde de ces substances, dont nos digestions artificielles ont décelé la présence dans les tubes nerveux, resterait seule.

ces substances, également soluble dans l'alcool, ne réduit pas l'acide osmique, occupe les mailles du réseau, se gonfle au contact de l'eau en donnant naissance à des figures myéliques.

Si l'on examine avec attention la couche médullaire, on y observe des trabécules irrégulièrement réparties et souvent anastomosées entre elles (FIG. **22**). Nous ne pouvons que les rapporter à la présence d'un réticulum analogue à celui qu'on observe dans toute cellule. En effet la plastine qui le compose, est réfractaire au ferment pepsinique, que l'on emploie même pour le mettre en évidence. L'altération, que le réseau paraît avoir subie ici dans la fibre nerveuse, est due à l'action de l'eau, comme nous l'avons exposé plus haut.

Nous avons également expérimenté l'action des ferments digestifs sur des fibres nerveuses, préalablement fixées par l'acide osmique et le bichromate de potassium. Les modifications qu'elles subissent sont presque nulles (1). En effet, les albuminoïdes coagulés par le bichromate et la myéline fixée par l'acide osmique restent inaltérés, comme nous pouvions le prévoir. Aussi nous ne songerions pas à exposer des résultats si peu caractéristiques, si nous n'avions l'occasion de signaler un fait très intéressant.

Après l'action de la pepsine prolongée pendant six heures, les fibres nerveuses montrent le réseau de LANTERMAN avec une netteté admirable, et les incisures obliques apparaissent comme des trous absolument vides entre les segments cylindro-coniques. Cette observation nous permet de réfuter d'une manière catégorique les opinions de RANVIER, LAVDOWSKY, KUHNT, BOVERI, etc., qui voient dans les incisures de SCHMIDT, soit des travées protoplasmiques, soit des membranes diaphragmatiques, *Zwischenmarkscheide* (KUHNT), tendues entre la membrane de SCHWANN et la membrane de MAUTHNER et séparant les segments cylindro-coniques, *Hohlcylinder* de KUHNT.

Si ces éléments existaient en réalité, la pepsine ne les aurait pas dissous, puisqu'elle laisse inaltérées des productions de même nature, telles que la membrane de SCHWANN, le réseau de LANTERMAN, etc. Nous croyons plutôt pouvoir adopter l'opinion de SCHOU, qui admet dans les incisures obliques la présence d'une substance amorphe, par exemple, de la lymphe ou d'un pro-

(1) RETZIUS a depuis longtemps démontré ce fait pour la rétine. « Die in Ueberosmiumsäure erhärtete « Retina wurde durch Tripsin nicht verändert. » (RETZIUS, 155, p. 103).

duit de décomposition de la myéline. Nous considérons les incisures obliques comme constituant des vacuoles remplies par un liquide plasmatique.

Cette interprétation trouve encore sa confirmation dans certains faits que l'on peut observer lorsqu'on dissocie des fibres nerveuses dans une goutte d'eau. Avant l'action de ce liquide, les incisures de Schmidt sont peu apparentes; il faut une observation très attentive pour en reconnaître l'existence. Mais, dès que le courant endosmotique s'est établi, elles apparaissent d'une manière très évidente; elles s'élargissent, écartent les extrémités des segments cylindro-coniques et donnent ainsi souvent à la fibre nerveuse une apparence variqueuse. Nous ne pouvons comprendre cette disposition que pour autant qu'il soit admis que l'osmose se produit principalement au niveau des incisures obliques (1), et que l'eau pénètre en cet endroit dans des vacuoles dont elle augmente considérablement le volume.

Digestion pancréatique. — La digestion pancréatique nous a fourni aussi quelques résultats intéressants. Nous avons opéré dans les mêmes conditions que pour les digestions pepsiniques, mais nous avons prolongé l'action de la pancréatine jusque pendant seize heures.

Alors un nerf de grenouille, fixé en extension physiologique, soumis à l'action de l'acide osmique se colore intensément en noir par ce réactif. Ce premier fait dénote déjà une différence considérable dans l'action de ce ferment d'avec celle de la pepsine. Observées au microscope, les fibres nerveuses apparaissent gravement altérées. Autant elles nous avaient paru peu modifiées après l'action de la pepsine, autant elles se montrent altérées par la pancréatine (2).

---

(1) Les observations de Koch démontrent l'existence de phénomènes osmostiques au niveau des incisures obliques, contrairement à l'opinion de Ranvier.

(2) Ce fait concorde avec les observations de Bikfalvi (258, 260) qui a institué des recherches comparatives sur l'action de ces deux ferments sur les tissus animaux. Il a reconnu que la pepsine n'attaque guère les cellules et les noyaux, tandis qu'elle dissout le tissu conjonctif, les fibres élastiques, les substances fondamentales, etc., ce qui en fait, ajoute-t-il, un excellent réactif dissociateur des éléments (Faivre a depuis longtemps proposé la pepsine comme réactif dissociateur. Recherches sur le système nerveux de la sangsue; Paris, 1858). La pancréatine, au contraire, s'attaque tout d'abord aux cellules et aux noyaux, tandis que toutes les substances conjonctives persistent inaltérées, même après une action digestive prolongée pendant plusieurs jours. C'est probablement à cause de cette action destructive de la pancréatine sur le contenu des cellules que la plupart des auteurs qui ont étudié la fibre nerveuse, n'ont pu parvenir à découvrir le réseau de névrokératine qu'ils recherchaient, tandis que s'ils s'étaient servis de la pepsine, ils auraient sans doute constaté son existence, comme nous avons pu le faire sans difficulté.

Le premier fait qui saute aux yeux, c'est la disparition de la membrane de Schwann. Nous sommes heureux de confirmer sur ce point les observations de Ewald et Kühne et de Pertik, bien que Waldstein et Weber les aient contredites. En effet, ces derniers auteurs prétendent que » même » après une digestion prolongée pendant deux jours entiers, la gaîne de » Schwann n'est pas dissoute (1). «

Nous croyons que ces savants ont été victimes d'une erreur d'observation, d'autant plus qu'ils semblent se contredire eux-mêmes lorsqu'ils déclarent plus loin que » les tubes nerveux de la grenouille, lorsqu'ils ont été » soumis à la digestion après traitement par l'alcool absolu, se montrent » cassés en tronçons de longueur variée. Ces tronçons, fig. 8, parfaitement » cylindriques, ne possèdent plus de membrane de Schwann et sont consti- » tués uniquement par la charpente noueuse ou plutôt par la partie tubulaire; » dans quelques-uns d'entre eux, on aperçoit encore les fragments du » cylindre-axe (2). «

Cette contradiction est d'autant plus évidente que nous savons qu'après l'action de l'alcool absolu, les albuminoïdes présentent une résistance bien plus considérable à se laisser attaquer par les ferments digestifs (3). Il est évident que si, après cette action, la membrane de Schwann est dissoute par la pancréatine, elle doit à plus forte raison l'être sur les fibres fraîches.

La myéline se présente sous la forme de granulations colorées en noir par l'acide osmique, et constitue des cylindres irréguliers et granuleux. Ces granulations fortement réfringentes, rappellent par leur aspect des globules de nature graisseuse. Un grand nombre d'entre elles nagent librement dans le liquide de la préparation. Le cylindre-axe persiste et semble servir de soutien au manchon granuleux.

Si nous rapprochons maintenant les résultats fournis par nos expériences de digestion pancréatique de ceux que nous a donnés la digestion pepsinique, nous pouvons émettre les conclusions suivantes au sujet de la composition chimique de la myéline.

1° La myéline est un composé mal défini, complexe, qui contient au moins deux substances différentes par leurs propriétés physiques et chimiques;

(1) Waldstein et Weber : loc. cit., p 10.

(2) Waldstein et Weber : loc. cit., p. 16.

(3) Retzius (155) a signalé également l'influence de l'alcool sur la digestibilité de certains organes (rétine). — A. Van Gehuchten a aussi insisté sur ce point dans ses belles recherches sur la digestibilté de l'enchylème musculaire; La Cellule, t. II, fasc. 2, p. 331.

2° Ces deux substances sont toutes deux solubles dans l'alcool bouillant et l'éther;

3° La première noircit intensément sous l'action de l'acide osmique, se laisse attaquer par la pepsine, n'est pas détruite par la pancréatine; elle imprègne le réseau du segment interannulaire;

4° La seconde est inattaquable par la pepsine et la pancréatine; elle ne réduit pas l'acide osmique, gonfle intensément sous l'action de l'eau et donne naissance à des figures myéliques; elle occupe les mailles du réseau de Lanterman.

Les recherches de Chevalier nous permettent d'identifier ces deux corps à la lécithine et à la cérébrine, si tant est que ces deux composés forment à eux seuls toute la masse de la myéline, ce dont nous nous permettons de douter. Il est plus probable qu'il existe en outre une substance grasse mélangée à la cérébrine et dont le pouvoir réducteur vis-à-vis de l'acide osmique est plus faible que celui de la lécithine. Ce serait à cette circonstance qu'il serait donné de pouvoir démontrer le réseau de Lanterman par une action faible du réactif, une action forte ou prolongée noircissant le contenu de la fibre nerveuse tout entier. Il nous est encore fort difficile de pouvoir distinguer la lécithine de la cérébrine, car jusqu'ici nous ne possédons aucun réactif microchimique qui les différencie. La seule réaction que nous ayons pu utiliser, c'est leur inégale solubilité dans l'alcool froid, mais il est difficile d'affirmer l'insolubilité absolue de la cérébrine vis-à-vis d'une grande quantité d'alcool. Quoiqu'il en soit, nous avons épuisé un nerf dans de l'alcool froid et l'avons soumis ensuite à l'action de l'acide osmique à 1 %. Le nerf ne prend pas la coloration noire.

La cérébrine existe-t-elle encore dans la fibre nerveuse ainsi traitée? Nous n'oserions l'affirmer. Optiquement nous n'avons pu en reconnaître la présence et nous n'avons pu la déceler microchimiquement. Nous pouvons seulement déclarer, que la fibre nerveuse ne paraît pas vide, comme après l'action de l'alcool bouillant et de l'éther. En admettant donc que le contenu tout entier n'ait pas été enlevé par l'alcool, nous devrions identifier notre première substance avec la lécithine et notre seconde avec la cérébrine mélangée dans des proportions variables avec des corps gras. L'observation de Bókay (246) viendrait du reste confirmer cette conclusion. En effet, cet auteur, en étudiant la digestibilité de la lécithine par la pancréatine, a trouvé cette digestion fort difficile, la lécithine ne se décomposant qu'à la longue en acide phospho-glycérique, en choline et en acides gras.

Ces assimilations, quelque hasardées qu'elles paraissent, acquièrent un caractère de probabilité plus grande, si nous les rapprochons des observations de Cahn (250). Cet auteur a reconnu que la lécithine du vitellus des œufs, comme celle de la rétine, se colore fort rapidement par l'acide osmique en solution de $^1/_2$ %, tandis que la cholestérine pure et la cérébrine ne prennent aucune coloration sous l'action de ce même réactif. D'après Cahn, ce seraient les acides gras de la lécithine qui joueraient le rôle de corps réducteur vis-à-vis de l'acide osmique.

Enfin, d'après Cath. Schipiloff et A. Danilewsky(1), la lécithine serait un élément normal du réticulum plasmatique de la cellule musculaire et nous venons de démontrer nous-même qu'elle imprègne abondamment le réseau du segment interannulaire. Quant à la cérébrine et aux autres composés de nature graisseuse qui remplissent les mailles de ce réseau, ils représentent probablement l'enchylème de la cellule, enchylème qui s'est chargé de substance myélinique à la suite d'une différentiation chimique qu'il a subie dans le cours de son évolution, comme le prouvent les intéressantes observations de Raske(269). Cet auteur a reconnu en effet que la cérébrine manque complétement dans les organes nerveux centraux des embryons et qu'elle ne se dépose dans les fibres nerveuses que dans la suite de leur développement.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Nous terminons ici l'exposé de nos observations; elles ont porté uniquement sur la gaîne de myéline des fibres nerveuses. Nous en avons étudié la structure intime.

1° Il y existe un réticulum qui a été entrevu et décrit successivement par Ewald et Kühne et par Lanterman;

2° Les dispositions observées par ces auteurs répondent à une structure unique de la gaîne médullaire : le réseau de névrokératine est identique au réseau de Lanterman;

3° Ce réseau est préformé et ne résulte pas de l'action des réactifs sur la myéline;

(1) Cath. Schipiloff et A. Danilewsky : Ueber die Natur der anisotropen Substanzen des quergestreiften Muskels und ihre räumliche Vertheilung im Muskelbündel; Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. V, p. 354 et 355, 1881. — Voir la note (2) de la p. 371 du travail de A. Van Gehuchten : Étude sur la structure intime de la cellule musculaire striée; La Cellule, t. II, fasc. 2.

4° Ce réticulum représente dans le segment interannulaire de la fibre nerveuse le réticulum plastinien qu'on rencontre dans toutes les cellules : il est formé d'une substance congénère de la plastine de Reinke;

5° La myéline est un mélange complexe, dont la composition n'est pas encore parfaitement définie. Elle se compose au moins de deux substances : la lécithine et la cérébrine. La lécithine imprègne les travées du réseau, tandis que la cérébrine en occupe les mailles;

6° Le segment interannulaire de la fibre nerveuse possède donc l'organisation caractéristique de toutes les cellules, tant animales que végétales. Nos observations ont pleinement confirmé sur ce point les prévisions de notre savant maître, J. B. Carnoy.

EXPLICATION DES FIGURES

Toutes nos figures ont été dessinées à la chambre claire avec l'objectif F et l'oculaire 4 de Zeiss, à l'exception de la fig. 22 qui a été reproduite à l'aide de l'oculaire 3.

Les fig. 1-16 et 18-20 représentent des fibres nerveuses traitées par l'alcool absolu pendant 24 heures, l'alcool bouillant pendant deux heures et l'éther pendant 24 heures. Les fig. 1, 3, 6, 8 et 20 appartiennent à des préparations conservées dans la résine Dammar; les fig. 2, 4, 5, 7, 10 12, 14, 18 et 19 à des préparations conservées dans la glycérine; enfin les fig. 9, 13, 15 et 16 à des préparations conservées dans la liqueur de Gilson.

Tous nos dessins représentent des fibres empruntées au nerf sciatique.

FIG. **1**. Fibre du crapaud ordinaire. Coloration à l'éosine.

FIG. **2** et **4**. Fibres du crapaud ordinaire, montrant diverses formes du réseau.

FIG. **3**. *a* et *b* représentent deux tronçons peu distants d'une même fibre du crapaud ordinaire, dessinés dans la même préparation que la fig. **1** et montrant les différences d'aspect qu'offre le réseau suivant les segments d'une même fibre.

FIG. **5**. Fibre du crapaud ordinaire. Elle montre la couche de bâtonnets de Mc. Carthy-Lanterman.

FIG. **6**. Fibre du crapaud ordinaire. On y remarque certaines travées du réseau qui se sont orientées de manière à constituer des cercles transversaux. Coloration par l'éosine.

FIG. **7**. Fibre du crapaud ordinaire présentant un étranglement annulaire. On y reconnaît nettement que le réseau est interrompu à ce niveau. Mais il n'existe aucune trace du renflement biconique ni d'une membrane transversale.

FIG. **8**. Fibre du rat d'eau (adulte). Coloration à l'éosine.

FIG. **9**. Fibre du rat d'eau (jeune).

FIG. **10**, **11**, **12**. Fibres du chat domestique (nouveau-né). Sur la fig. **12**, on voit un noyau *n* du segment interannulaire, ainsi qu'un deuxième noyau *n'* appartenant à la gaîne de Henle.

FIG. **13**. Fibre du cobaye.

FIG. **14**. Fibre de la grenouile verte (R. esculenta) plongée préalablement pendant 24 heures en extension physiologique dans l'eau distillée, et traitée ensuite par l'alcool et l'éther comme il a été dit. Coloration par l'éosine.

FIG. **15**. Fibre du pigeon.

FIG. **16**. Fibre de la poule.

FIG. **17**. Fibre du rat d'eau dissociée à frais sur le porte-objet, sans addition de réactif, soumise à la dessiccation lente et conservée à sec.

FIG. **18**, **19**. Fibres de la grenouille verte épuisées par l'alcool absolu et l'éther, et soumises ensuite à la digestion pancréatique.

FIG. **20**. Coupe transversale microtomique du nerf sciatique de la grenouille. Les fibres qui ont été dessinées appartiennent au centre du faisceau nerveux.

FIG. **21**. Coupe transversale microtomique du nerf sciatique de la grenouille, traité pendant 2 heures par un mélange d'acide osmique à 1 p. c., 2 parties, et de bichromate de potassium à 5 p. c., 10 parties, et maintenu ensuite pendant 24 heures dans une solution de bichromate de potassium à 5 p. c. Cette figure est légèrement schématique, en ce sens qu'on y a réuni les diverses apparences que l'on peut observer dans le faisceau nerveux.

FIG. **22**. Fibre du lapin soumise à la digestion pepsinique et fixée ensuite par le mélange osmico-bichromique.

FIG. **23**, **24**. Fibres de la grenouille traitées comme il est dit pour la figure **21** et soumises ensuite pendant 6 heures à l'action de la pepsine.

FIG. **25**. Figure schématique destinée à reproduire les divers éléments qui constituent la fibre nerveuse dans leurs rapports respectifs, telle que nous la concevons.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

Adamkiewicz (179, 180) 149, 152, 154, 167
Arndt (149) 143, 152
Arnold (214) 157

Balbiani (219) 157
Barba (5) 136
Beale (101) 143
Bidder (40, 50, 71) 142, 146, 147
Bikfalvi (172, 258, 260) 153, 165
Boguslawski (116) 149
Bókay (246) 210
Boll (115, 126, 127) 150, 151, 153, 154, 161
Boveri (176, 177) 150, 151, 153, 155, 156, 161, 165, 166
Bowmann (45) 145
Brisseau-Mirbel (193, 196, 202) 139
Brown (197) 139
Bruns (38) 145
Burdach (24) 138

Cadiat (148) 156
Cahn (250) 211
Calberla (113) 167
Carnoy (230, 235) 157, 158, 186, 189, 190
Carthy (Mc.) (112) 161
Cattani (167, 182, 187, 190) 166
Ceci (152) 166
Chevalier (268) 204
Clarke (Lockhart) (76) 144, 160
Cossy (114) 152
Czermak (54) 148

Deiters (87) 146
Dejerine (114) 152
Diaconow (240, 241) 204
Donders (52, 237) 142, 144, 190
Drechsel (261) 191
Dumas (7) 137
Dumortier (199) 140
Dutrochet (23, 194) 137, 140

Ecker (62) 148
Ehrenberg (10, 15, 30) 137, 138, 145
Eichhorst (107) 148
Ellenberger (175) 164
Emmert (17) 137
Engelmann (119, 150) 149, 151, 156, 163
Ewald (129, 245) 162, 164

Fleischl (109) 144
Flemming (209, 212, 215, 223) 157
Fontana (4) 135, 136, 139, 145
Frey (130, 186) 146, 149, 153, 154, 163
Frommann (85, 168, 169, 206) 143, 152, 157, 163
Funke (65) 143

Gautier (244) 204
Gerber (9) 145
Gerlach, J. (64, 79) 142, 143, 146
Gerlach, L. (136) 153, 163
Giacosa (257) 188
Golgi (156) 165, 166
Gottsche (21) 138
Grandry (91, 93) 143
Gruenhagen (173) 167
Günther (44) 142, 144

Hammarsten (247, 255, 265) 188
Hannover (41) 143, 143, 145
Harting (32) 138
Heitzmann (207) 157
Henle (36, 43, 51, 56, 67, 73, 89) 140, 142, 143, 144, 145, 148, 160, 162, 163, 166
Hennig (128) 152, 153, 154
Hertwig (210, 211, 216) 157
Hesse (145) 150, 152, 155, 163
Hoppe-Seyler (243, 248) 188, 204
Horbaczewski (254) 193
Hudendorf (159) 164

Jacobi (189) 149, 150, 151, 152, 153, 154
Jacubowitsch (70) 166

Key (Axel) (99, 124) 148, 149, 150, 151, 152, 154, 156
Klebs (86) 144
Klein, E. (153, 178, 213, 222) 157, 161
Klein, J. A. (49) 142
Koch (142) 153
Kölliker (46, 53, 55, 181) 142, 144, 145, 146, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 162, 165, 167
Kollmann (220) 157
Krause (35, 84, 183) 137, 141, 143, 146
Krukenberg (262, 263, 267) 186, 187, 188, 189, 191
Kühne (129, 140, 245) 150, 151, 153, 162, 164
Kuhnt (117, 118, 121) 150, 151, 153, 154, 161
Kupffer (60, 71, 162, 176, 208) 142, 147, 150, 157

Lahousse (188) 162
Landwehr (252, 253) 188
Langenbeck (19) 137
Lanterman (105, 122) 149, 153, 160, 161
Lauth (12) 137
Lavdowski (123, 139, 174) 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 163

Leboucq (120) 167
Leeuwenhoek (1) 135, 139, 145
Lehmann 146
Leydig (72, 205) 143, 157
Lister (74) 144
Löbisch (266) 188

Maley (163) 150, 151
Malpighi (191) 139
Mauthner (78, 82) 143, 144
Mayer (28) 138
Mayer, Sigmund (102) 148
Merkel (89) 143, 144, 162, 163
Metzler (68) 143
Milne-Edwards (8) 137
Mohl, v. (204) 139
Moleschott (52) 142, 144
Mondino (166, 171) 155, 165
Morochowetz (137) 154
Mulder (236) 142, 143, 146
Müller, J. (11, 25) 137, 138, 140, 142
Müller, W. (239) 188

Neumann (92) 148

Owsjannikow (61) 142

Pertik (154) 163, 164, 165, 166
Prévost (7) 137
Prochaska (3) 135, 136
Prus (185) 167
Purkinje (27) 138, 145

Quatrefages, de (198) 140

Ranvier (95, 96, 131, 160) 147, 148, 151, 154
Raske (269) 211
Raspail (203) 140
Rauber (224) 157
Rawitz (141) 152, 154, 155
Reinke (249, 259) 191
Reissner (80) 144
Remak (20, 26, 31, 59) 137, 138, 142, 143, 144, 145, 157
Retzius (99, 124, 125, 155) 148, 149, 150, 151, 152, 154, 156, 163
Rezzonico (147) 166
Rosenthal (33) 138, 141, 144, 145
Roudanowski (88, 94) 144
Rouget (108, 111) 154, 167
Rumpf (135, 138, 143) 150, 151, 153, 163, 164

Schaffner (47) 145
Schilling (58) 143
Schleiden (201) 139

Schmidt (103, 106) 143, 144, 160
Schmitz (217) 157
Schou (170) 153
Schröder van der Kolk (63) 160
Schultze, Hans (132) 149, 151
Schultze, Max (81, 90) 143
Schwalbe (151) 146, 154, 164
Schwann (34) 139, 140, 141
Steinbrügge (264) 192
Steiner (140) 150, 151
Stilling (64, 69, 75) 144, 146, 153, 157, 159
Strasburger (218, 221, 225) 157

Tamamschef (98) 149, 150
Tizzoni (133, 134, 144) 149, 155, 163, 164, 165
Todaro (97) 149, 150
Todd (45) 145
Toel (110) 149
Török, v. (100) 149
Torre (della) (2) 136
Treviranus (6, 14) 137, 138, 145
Turner (74, 77) 144, 160
Turpin (195, 200) 139, 140

Unger (146) 164, 191

Valentin (13, 16, 22, 37, 39) 137, 140, 142, 145
Vignal (164, 165, 184) 167
Virchow (238) 146
Volkmann (18, 29, 40, 42) 137, 138, 142, 145

Wagner (48, 57) 142, 144, 145
Waldeyer (83) 143
Waldstein (157) 163, 164
Weber (157) 163, 164
Witkowski (161) 163, 164, 191
Wittich, v. (242) 205
Wolff (192) 140
Wolff, W. (158) 206

Zawerthal (104) 144, 153

TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES

PAGES

Bibliographie.

1° Bibliographie de la fibre nerveuse 117
2° Bibliographie de la cellule en général 127
3° Bibliographie concernant l'histochimie et la chimie physiologique . . 129

Historique.

Division 133

I. Historique de la fibre nerveuse en général.

A. *Première période.*

De Leeuwenhoek à Schwann (1687—1839).

Description de la fibre nerveuse par Leeuwenhoek 135
Prochaska conteste la circulation de la moelle nerveuse . . . 135
Observations de Fontana : il découvre le cylindre-axe . . . 135
Observations de Barba 136
Confirmation de l'existence du cylindre-axe 137
Treviranus reconnaît l'existence des doubles contours 137
Interprétations de cette disposition 137
Généralisation de la présence d'une membrane d'enveloppe . . . 137
Découverte des fibres variqueuses par Ehrenberg 137
Confirmations de ce fait 137
Interprétations diverses et explication de cette forme variqueuse . . 137
Exposé des observations de Remak 138
Confirmation de ses recherches par Purkinje et Rosenthal . . . 138
Considérations générales sur cette première période 138

B. *Deuxième période.*

De Schwann à Ranvier (1839—1871).

Importance des travaux de Schwann 139
Résultat des travaux des botanistes dans le domaine cytologique . . 139
Découverte de la cellule 139
Influence des travaux des botanistes sur les recherches de Schwann . . 140
Découverte d'éléments utriculaires chez les animaux 140
Observations de Schwann sur la fibre nerveuse 140
Découverte des noyaux dans la fibre nerveuse 141
Interprétation des faits 141
La préexistence du cylindre-axe est contestée : opinions diverses . . 142
Kölliker démontre l'existence de cet élément 142
Discussion entre cet auteur et Henle 142

PAGES

Remak contribue puissamment à mettre hors de doute la préexistence du cylindre-axe 142
Opinions diverses émises sur la structure intime du cylindre-axe . . 143
Le cylindre-axe possède une membrane d'enveloppe 143
Opinions divergentes de quelques auteurs 143
La disposition des noyaux sous la membrane de Schwann est mise en doute . 144
La couche médullaire est formée de zônes concentriques . . . 144
Il existe une couche spéciale entre la gaîne médullaire et le cylindre-axe . 144
La gaîne médullaire est formée de segments distincts 144
Opinion de Hannover sur la membrane de Schwann 145
Opinions diverses sur la structure de cette membrane . . . 145
Interprétation de Kölliker 145
Théorie de la coagulation de la moelle nerveuse : opinions diverses . . 145
Le phénomène de la coagulation est contesté par certains observateurs, tandis que les auteurs classiques continuent à l'admettre 146
État des connaissances sur la composition chimique de la moelle nerveuse, à laquelle Virchow donne le nom de myéline 146
Résumé de nos connaissances sur la fibre nerveuse à la fin de la deuxième période : confirmation des observations de Schwann 146
Observation de Deiters : signification du cylindre-axe. . . . 146

C. *Troisième période.*

De Ranvier (1871) jusqu'à nos jours

Exposé des observations et théorie de Ranvier 147
Les étranglements annulaires avaient été entrevus avant Ranvier; cette disposition est confirmée 148
Existence de plusieurs noyaux dans le segment interannulaire . . 149
Opinions de Lanterman et de Adamkiewicz 149
Désaccord sur la structure du cylindre-axe : cet élément est constitué par des fibrilles (opinions diverses). 149
Le cylindre-axe est homogène (interprétations différentes) . . . 150
Le cylindre-axe possède une membrane d'enveloppe 150
Discontinuité du cylindre-axe 151
Le cylindre-axe contient des noyaux : explication 152
Significations diverses attribuées aux incisures obliques : désaccord au sujet de leur préexistence. 152
Discontinuité de la couche médullaire au niveau des étranglements annulaires : discussion 154
Espace périaxial : opinions diverses. 154
Coagulation de la myéline 154
Manière d'être de la membrane de Schwann. 154
Opinions diverses sur le renflement biconique 155
Théorie de la fibre nerveuse par Axel Key et Retzius . . . 156
» » » » Engelmann 156
» » » » Boveri 156
Réflexions 156
Exposé des progrès que la science a accomplis dans le domaine cytologique : travaux de J. B. Carnoy. 157

II. Exposé historique des dispositions réticulées ou fibrillaires observées dans la fibre nerveuse.

PAGES

Théorie des *Elementarrohrchen* de Stilling 159
Observations antérieures à celles de Stilling 159
La théorie de Stilling est vivement attaquée 159
Observations de Schmidt et interprétations des faits qu'il décrit . . 160
Travaux de Lanterman et Mc. Carthy 160
Leurs images sont le résultat de la décomposition de la myéline . . 161
Recherches de Ewald et Kühne : le réseau de névrokératine . . . 161
Observations antérieures de Kölliker et de Henle et Merkel . . . 162
Opinions des auteurs sur le réseau de névrokératine 163
Travaux de Golgi : entonnoirs spirales 165
Interprétations de cette disposition 166
Description de Jacubowistch 166
Corpuscules nerveux de Adamkiewicz et critique de cette structure par Vignal . 167
Réflexions générales 168
Travaux de J. Fr. Heymans sur les noyaux des cellules nerveuses . . 168

OBSERVATIONS.

Division du travail 171

I. Le réseau de névrokératine.

Méthode 171
Examen au microscope 171
Description du réticulum : aspects divers 171
L'*innere Hornscheide* n'existe pas : opinions des auteurs . . . 173
Description du réseau de névrokératine chez le crapaud . . . 175
» » » la grenouille . . . 176
» » » le lapin 177
» » » le cobaye . . . 177
» » » le rat 178
» » » le chat 179
» » » le cheval. . . . 179
» » » le pigeon. . . . 179
» » » la poule. . . . 180
Le réseau de névrokératine est préformé : critique des opinions des auteurs . 181
Examen du réseau après l'action de l'eau 181
Action de l'eau sur la myéline : observations de Heymans . . . 182
Critique de la manière de voir de Waldstein et Weber et de L. Gerlach . 184
Méthodes diverses pour démontrer le réseau de névrokératine . . . 185
Nature chimique de ce réseau 185
Classification des albuminoïdes par J. B. Carnoy 186
Relation étroite qui existe entre les divers albuminoïdes . . . 186
Histoire des albuminoïdes 187
Constitution des protéines et phénomènes qui donnent naissance aux albuminoïdes dans la cellule 189
Différentiation chimique des cellules, ... 190
Propriétés de la névrokératine 191
Assimilation du réseau de névrokératine au réseau de plastine des cellules en général 192

PAGES

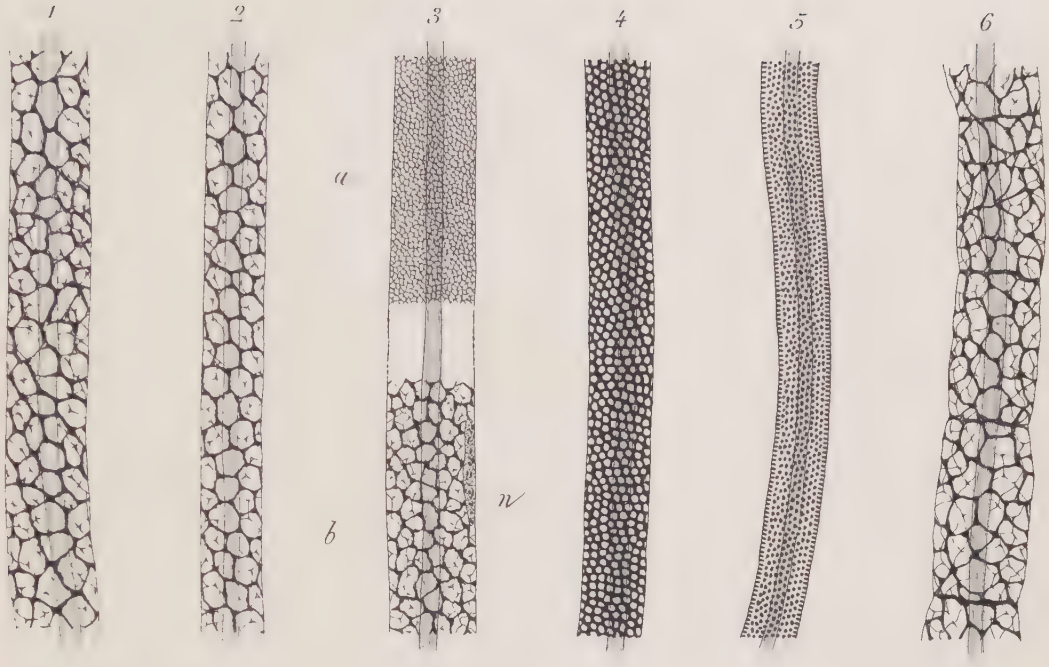
Opinions diverses sur la nature chimique du réseau de névrokératine . . 193
Le terme de névrokératine ne peut être adopté en biologie . . . 194
Conclusions 194

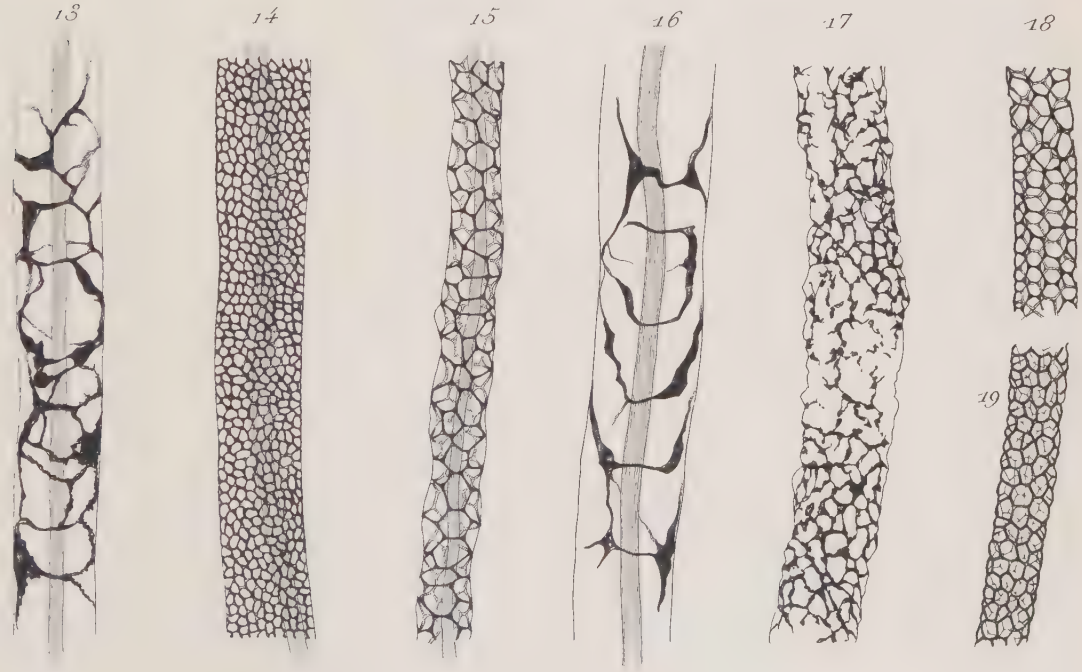
II. Le réseau de Lanterman.

Historique, descriptions et interprétations des auteurs 195
Méthode 196
Description 196
Signification de ce réseau : opinions des auteurs 199
Action de l'acide osmique sur la fibre nerveuse 200
Examen de fibres fraîches sans addition de réactif 201
Le réseau de Lanterman n'est pas un produit artificiel . . . 202
Similitude des réseaux de Ewald et Kühne et de Lanterman . . . 202
Signification du réseau de la fibre nerveuse 203
Exposé de nos connaissances sur la composition chimique de la myéline . 204

Digestions.

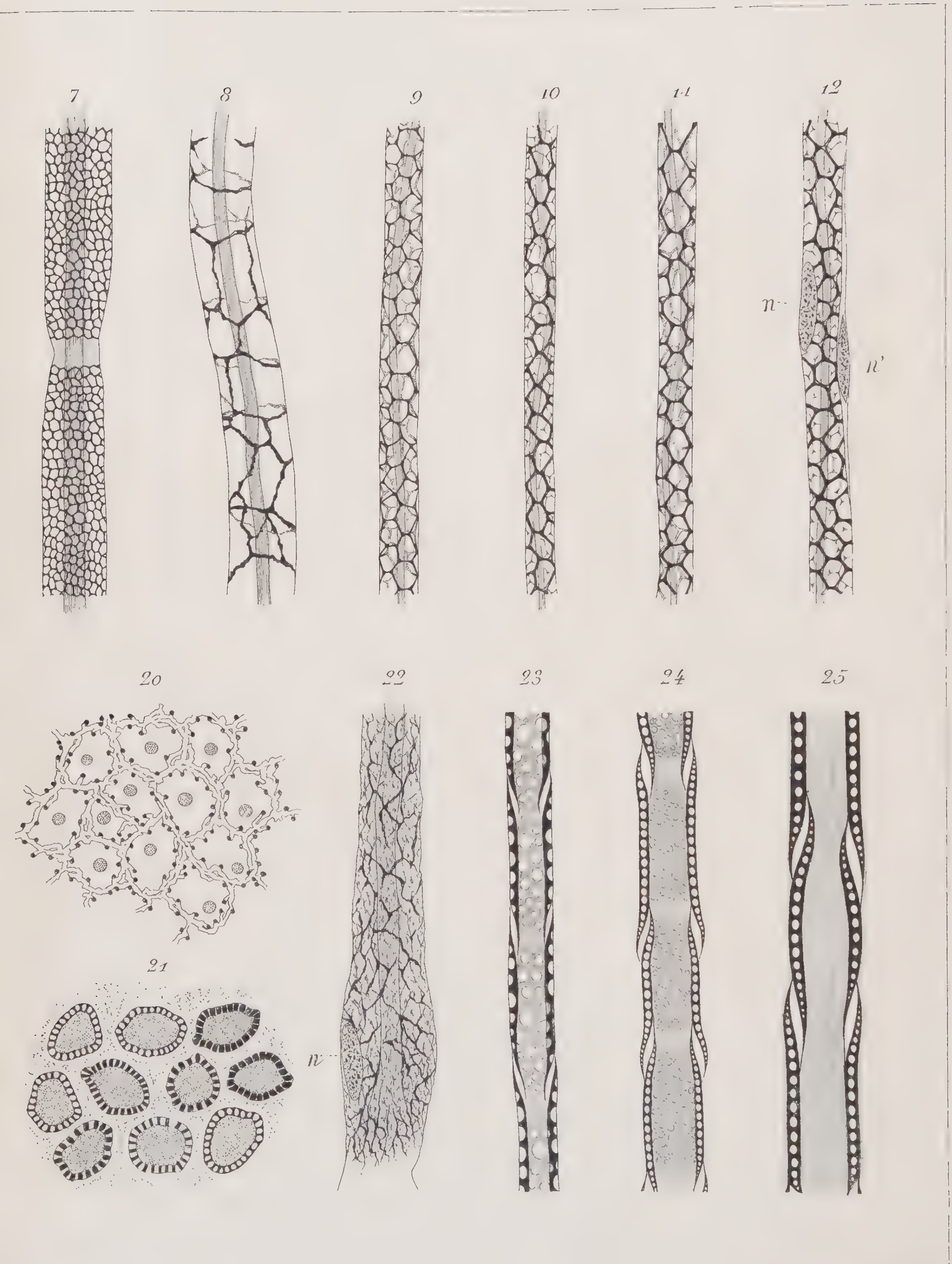
Préparation des liquides digestifs et conditions dans lesquelles les digestions ont été faites 205
Digestions pepsiniques : mode opératoire et traitement des nerfs digérés . 205
Les nerfs ne se colorent plus par l'acide osmique 205
Examen au microscope 206
Interprétation des résultats obtenus 206
Existence d'un réticulum dans la fibre nerveuse 207
Action de la pepsine sur des nerfs préalablement fixés et durcis . . 207
Signification des incisures obliques 207
Phénomènes osmotiques au niveau des incisures 208
Digestions pancréatiques : mode opératoire 208
Les nerfs se colorent par l'acide osmique 208
Examen au microscope 208
Disparition de la membrane de Schwann 209
Manière d'être de la gaîne médullaire 209
Comparaison des résultats obtenus par les deux digestions : conclusions . 209
Nature des substances qui entrent dans la composition de la myéline . . 210
Appui apporté à nos conclusions par nos connaissances sur la cytochimie . 211
Conclusions générales 211
Explication des figures 213
Table alphabétique des auteurs 215





L. Gedoelst ad nat. del.

Lith. Dr



...mont. D. Van Aken. sculp.

CONFÉRENCE

CONFÉRENCE

DONNÉE A LA SOCIÉTÉ BELGE DE MICROSCOPIE

le 5 mars 1887

PAR

J. B. CARNOY, PROFESSEUR DE BIOLOGIE CELLULAIRE,

SUIVIE D'UN

APPENDICE

sur les Globules polaires de

L'ASCARIS CLAVATA

LOUVAIN

AUG. PEETERS, LIBRAIRE,
rue de Namur, 11.

GAND

H. ENGELCKE, LIBRAIRE,
rue de l'Université, 24.

LIERRE

TYP. DE JOSEPH VAN IN & Cᵉ,
rue Droite, 48.

CONFÉRENCE

donnée à la Société belge de Microscopie, le 5 mars, 1887,

PAR

J. B. CARNOY.

» La science est une de ces grandes personnes, revêche, ardue et quin-» teuse, comme dit MONTAIGNE, qu'il ne suffit nullement de désirer; il la » faut gagner par beaucoup de soins, d'attention et de persévérance. «

Ces paroles sont applicables à toute science, mais elles le sont surtout aux sciences biologiques, à la cytologie en particulier.

Malgré l'immense quantité de travaux qui ont été publiés sur la cellule depuis près d'un siècle, la cytologie — la science de la cellule — n'est point faite; elle se fait lentement, péniblement, au milieu, j'allais dire à la faveur des innombrables contradictions dont ces travaux sont parsemés et qui ont fait dire, non sans quelque apparence de raison, qu'il est rare de rencontrer deux biologistes qui sont d'accord et qui marchent la main dans la main.

Cependant ces divergences et ces contradictions ne doivent pas nous étonner, car l'étude de la cellule est entourée de très grandes difficultés.

D'abord, malgré leur ténuité extrême, les derniers éléments des végétaux et des animaux possèdent une organisation et une composition chimique des plus compliquées : membrane, protoplasme, noyau, tout y est habilement structuré; les détails en sont d'une incomparable finesse et de nature très variée.

De là résulte pour le cytologiste la nécessité de recourir à de puissants grossissements et d'appliquer une foule de réactifs : fixateurs, colorants, dissolvants, pour distinguer les unes des autres les différentes parties organiques ou chimiques de la cellule. Or, l'emploi de ces moyens n'est pas sans

dangers pour la réalité. Elle serait longue à tracer la liste des erreurs, parfois considérables, imputables soit aux illusions d'optique, soit à l'action ou à l'infidélité des réactifs et au mauvais traitement des préparations, qui ont été commises par les observateurs les plus expérimentés, surtout dans l'étude du noyau. En microscopie biologique, personne n'est infaillible; tout le monde se trompe nécessairement; il n'existe aucun savant qui n'ait au moins une bonne douzaine d'erreurs grossières à son actif, ou plutôt à son passif. Mais qu'importe, pourvu que la science marche!

On s'exposerait également à se tromper si l'on croyait encore pouvoir se fier sans réserve aux matériaux durcis et conservés par les méthodes les plus parfaites, et aux coupes microtomiques les plus délicates; l'usage des matériaux vivants ou frais, sur lesquels on puisse contrôler soigneusement l'action des réactifs, est absolument indispensable en cytologie. Nos convictions à cet égard, exprimées à maintes reprises et avec une certaine force dans nos publications, sont partagées par les représentants les plus autorisés de la science. Ainsi, dans leur beau travail sur le développement des œufs d'oursin placés dans des milieux insolites, les frères O. et R. Hertwig déclarent n'avoir plus retrouvé sur leurs matériaux durcis que des traces informes de ces larges figures dendritiques, présentant une certaine analogie avec nos plus belles figures de l'*Ascaris megalocephala*, qui avaient fait leur admiration à Sorrente, sur les œufs vivants (1).

On ne peut nier d'ailleurs qu'il soit plus difficile d'arriver à la certitude en biologie que dans les sciences physiques, à cause des variations sans nombre, tant spécifiques qu'individuelles, des éléments cellulaires et de leurs manifestations vitales. En physique et en chimie, l'observation est presque toujours typique; chaque fois qu'on la répète dans les mêmes conditions le résultat est identique. En cytologie, au contraire, l'observation n'est qu'individuelle. Quand vous aurez fait l'étude d'une cellule, — d'un œuf, par exemple, ou de ses cinèses polaires — l'étude d'une seconde, d'une centième, d'une millième cellule ne répétera pas, comme en physique et en chimie, ce que vous avez vu et découvert, mais elle le complétera et souvent le corrigera! Ce n'est habituellement qu'après l'étude comparative d'un très grand nombre d'objets appartenant à des groupes différents, que le cytologiste parvient à se fixer les idées, à s'assurer que telle ou telle particularité est bien un fait général, et non un détail accidentel et insignifiant, une anomalie, une alté-

(1) Voir plus loin, à l'*Appendice*.

ration due aux réactifs employés. La comparaison, comme le disait déjà si bien Is. G. Saint-Hilaire, est donc le procédé fondamental de l'observation biologique. Le savant logique et prudent, ajoute-t-il ailleurs, accepte toujours avec défiance les observations isolées ou restreintes à une espèce, mais il devient sceptique en présence des théories basées sur de pareils travaux.

Malheureusement il n'existe que trop de semblables théories! L'esprit humain ne se laisse pas volontiers enfermer dans le cercle visuel étroit que lui tracent les globes oculaires. Il veut voir par delà, à l'aide des yeux de l'esprit. Mais est-ce toujours au mieux des intérêts de la science?...

Ces diverses réflexions sont naturellement suggérées par le sujet qui doit faire l'objet de cette conférence. J'ai promis à l'honorable Président de notre société, lorsqu'il voulut bien m'inviter à porter la parole devant vous, de présenter » *Quelques observations sur la division cellulaire chez les animaux* «. Sujet ardu et délicat s'il en fût; il n'en existe peut-être point où l'observation soit plus longue, plus laborieuse, plus sujette aux méprises et aux illusions. Toutes les causes d'erreur que nous venons de signaler y semblent en effet accumulées, et il est presque impossible de s'en défendre. Néanmoins, comptant sur votre obligeance, j'aborde résolument mon sujet.

Il y aurait beaucoup à dire sur ce phénomène important, mais je dois me borner. Si vous voulez bien me suivre pendant quelques instants dans une course rapide à travers le monde ténébreux des helminthes nématodes, j'aurai l'occasion de remplir mon programme en vous parlant :

1° Des figures dimidiées et des figures rupturées;

2° Des variations des cinèses polaires;

3° Enfin, si le temps le permet, j'ajouterai un mot sur la plaque cellulaire chez les animaux.

I. Figures dimidiées.

Nous avons découvert les premières figures ouvertes dans les cellules extraites du testicule vivant de la sauterelle bleue des dunes, l'*Œdipoda cœrulea*, à Heyst, en 1883. Nous nous rappelons encore, mon ami Gilson et moi, la vive impression que produisirent sur nous ces figures singulières, éparpillées au milieu de figures ordinaires. Elles ont été décrites et interprétées dans notre mémoire sur « *La Cytodiérèse chez les arthropodes.* »

Voici une de ces figures. Les bâtonnets de la couronne équatoriale, au lieu d'opérer leur ascension habituelle vers les pôles, s'ordonnent en deux

groupes latéraux qui s'éloignent dans le plan équatorial, emportant la moitié du fuseau et donnant ainsi naissance à une figure losangée et largement ouverte. Bientôt les quatre arcs fusoriaux se séparent des pôles et sont ramenés au centre de la cellule en un fuseau unique croisant le fuseau primitif à angle droit. La plaque cellulaire, qui s'y établit sans tarder, divise le protoplasme en deux moitiés latérales. Vous remarquerez que le plan de la plasmodiérèse est ici parallèle à l'axe du premier fuseau, tandis qu'il lui est perpendiculaire dans la cinèse typique. Détail important, car il prouve à l'évidence que ce mode particulier de division, s'il se rencontre dans certaines cinèses polaires, ne leur est nullement caractéristique.

Nous avons retrouvé presque aussitôt ces figures dimidiées, avec des différences toutefois, dans les œufs d'un ver nématode, l'*Ascaris megalocephala*, où elles constituent les figures normales et typiques des deux cinèses polaires.

Nos premières recherches sur l'ascaride du cheval datent de 1881. Ceux d'entre vous qui ont suivi nos cours, à partir de cette époque, se rappellent sans doute que les œufs de ce nématode servaient d'objets d'étude au laboratoire de cytologie durant nos leçons sur la fécondation. En avril 1883 parut le *Prospectus de la Biologie cellulaire*. Ces feuilles renferment une dizaine de figures reproduisant des œufs à diverses étapes. Déjà nous avions reconnu alors l'origine et la multiplicité des taches de Wagner, la structure réticulée du spermatozoïde, ainsi que la persistance de la vésicule germinative dans sa forme et son intégrité jusqu'au moment de la cinèse. En outre la fig. 216 du prospectus représente une image cinétique ouverte, la voici; cette figure est, croyons-nous, la première qui ait été publiée de cet objet. Ces détails sont à noter. Nous avons rectifié nous-même plus tard les inexactitudes d'interprétation qui s'étaient glissées dans cette ébauche.

La première idée qui nous vint en analysant les figures dimidiées des sauterelles fut de reprendre nos études sur l'*Ascaris megalocephala*, tant nous paraissait grande leur similitude avec celle que nous venions d'insérer dans le *Prospectus*, sans en comprendre entièrement la signification Nous continuions ces recherches lorsque parurent les travaux de M. Nussbaum et de E. Van Beneden, au commencement de l'année 1884.

Le premier de ces auteurs figure, comme nous l'avions fait, plusieurs taches de Wagner; il décrit la résolution de la membrane nucléaire au moment de la cinèse. Pour lui, les taches geminatives se résolvent alors en quatre bâtonnets qui viennent se placer à l'équateur d'une figure ordinaire, et y subissent la division longitudinale. Les moitiés se retirent

vers les pôles, et les nouveaux noyaux se reconstituent; l'un d'eux est ensuite expulsé avec ses quatre bâtonnets.

Les mêmes phénomènes se répètent sur le noyau intérieur; la seconde figure est donc identique à la première, et le second globule renferme également quatre nouvelles moitiés des bâtonnets équatoriaux; les autres se retrouvent au sein du noyau femelle. En résumé, les cinèses polaires seraient des cinèses typiques.

E. Van Beneden a observé des faits tout différents. Vous les connaissez; il les a exposés lui-même devant cette société, le 5 février. Il me suffira de rappeller les points principaux.

Il n'y a qu'une seule tache de Wagner, ou corpuscule germinatif. Elle est formée de deux disques adjacents, composés eux-mêmes de quatre globules chromatiques, et elle est plongée dans un corps particulier, le prothyalosome, lequel se maintient durant les cinèses et entre dans la constitution des globules polaires et du pronucléus femelle.

La première figure cinétique a une forme particulière, celle d'un Y ou d'un bilboquet, on y distingue quatre parties : le pied, la coupe, la boule et le couvercle du bilboquet. Le corpuscule germinatif en occupe l'équateur, entouré de son prothyalosome. Arrivée à la surface de l'œuf, elle se place perpendiculairement à sa position première, et disparaît en partie. Le prothyalosome et les deux disques chromatiques se divisent alors transversalement; la moitié extérieure s'échappe par un orifice de l'œuf, le premier globule est ainsi formé. Cette division a pour note caractéristique de se faire parallèlement à l'axe du fuseau primitif.

La moitié réservée donne naissance à la seconde figure qui est toute différente de la première et qui varie également suivant les réactifs employés. D'abord simple, elle peut s'ouvrir ensuite par la division longitudinale du deuthyalosome et de ses deux disques. Cette figure subit le même sort que la première, et le second globule se forme également par la division transversale des deux éléments précités. Leur moitié intérieure constitue le pronucléus femelle.

Pendant la division transversale des disques chromatiques, chacun des huit globules subit une double épuration dans le but de dégager l'élément femelle.

Les globules polaires sortent par un trou; ce sont certainement des noyaux, et non des cellules.

Vous le voyez, Messieurs, les résultats formulés par ces deux observateurs sont loin d'être concordants.

Ceux auxquels nous étions arrivés en poursuivant nos études étaient encore plus divergents; c'est pourquoi nous avons jugé utile de les publier en mai 1886; du choc des contradictions jaillira la lumière.

C'est dans ce travail que nous avons décrit longuement les figures dimidiées dont nous allons parler. Je serai bref; je me bornerai à expliquer les préparations originales qui sont aux divers microscopes de cette table. Il nous a semblé que, dans un sujet aussi délicat et aussi controversé, les membres d'une société scientifique comme la vôtre étaient en droit de réclamer du conférencier des pièces authentiques à l'appui de ses assertions. Mon plus vif désir sera satisfait, si vous voulez bien les parcourir attentivement à l'issue de la conférence.

Les œufs qui sont au point ont été dessinés en grand sur ce tableau, pour faciliter l'intelligence de mon exposé.

La FIG. **1** représente un œuf jeune, quoique déjà trés allongé; son noyau est un noyau ordinaire; les anses du filament nucléinien sont répandues dans le noyau tout entier. Vous pourrez voir à la fois plus de vingt œufs semblables dans le champ du microscope.

Bientôt le boyau se scinde en huit tronçons, qui s'ordonnent en deux groupes distincts, de quatre bâtonnets chacun, ainsi que l'indique la FIG. **2**. Cette figure montre en effet une vésicule germinative extraite accidentellement de l'œuf par l'aiguille; les deux groupes nucléiniens y sont très éloignés. Dans le groupe de gauche, les bâtonnets sont croisés deux à deux; dans celui de droite deux sont vus à plat, mais un peu obliquement, tandis que les deux autres sont vus par une extrémité et se présentent par conséquent sous la forme de globules, ou de têtes.

Vous ne rencontrerez pas un seul œuf sur cette préparation, où les deux groupes précités ne soient visibles, et formés de bâtonnets allongés et distincts, colorés dans toute leur étendue par le vert de méthyle. D'un autre côté vous ne saisirez aucune trace de prothyalosome, lorsque la mise au point sera exacte; les groupes nucléiniens sont directement plongés dans le caryoplasme granuleux, comme vous le voyez sur cette figure.

Ainsi, il y a toujours deux taches de WAGNER, formées chacune de quatre bâtonnets allongés et homogènes; il ne peut donc être question ni de disques ni de globules chromatiques ni de prothyalosome. En outre la vésicule germinative conserve sa régularité jusqu'à la cinèse; témoins les œufs qui sont au point au second instrument, à côté de la vésicule isolée.

On a installé au microscope suivant cinq ou six œufs en cinèse, et qui

vous donneront une excellente idée des figures de l'*Ascaris megalocephala*. La FIG. **3** reproduit celle qui se trouve au milieu du champ; elle est nettement dimidiée et largement ouverte; chacun des demi-fuseaux porte à l'équateur une tache germinative dont les quatre bâtonnets sont étalés parallèlement et séparés les uns des autres; nous retrouvons donc ici les huit bâtonnets primitifs et les deux taches de WAGNER. Cette figure et toutes celles qui l'avoisinent sont des plus démonstratives à cet égard. Les asters y sont d'ailleurs très développés; leurs filaments, partis des deux plateaux qui terminent le fuseau, viennent se croiser à l'équateur et y former les deux moustaches que voilà.

Vous reconnaîtrez dans ces figures la figure ouverte des sauterelles, que j'ai décrite en commençant. Or ces figures sont normales(1). Elles se montrent partout sur les œufs extraits des animaux vivants, quels que soient le mode de traitement et les réactifs employés. C'est assez dire que nous ne pouvons admettre la figure en bilboquet. Cette figure n'existe pas; elle repose sur des illusions. Je cache de la main la moitié de la FIG. **3**; vous n'apercevez plus qu'une figure ypsiliforme. Or, il peut arriver qu'une portion des figures se dérobe aux yeux de l'observateur au milieu des granules vitellins. Regardez maintenant cette même FIG. **3** en vous plaçant, comme moi, au bord du tableau; vous la verrez de profil : les deux arcs du fuseau et les deux groupes nucléiniens qui y sont attachés, se projetant l'un sur l'autre, *paraissent* n'en former plus qu'un seul; nouvelle manière de produire la figure en bilboquet. Je n'insiste pas davantage. Car, pour dissiper cette illusion, il suffit de déplacer légèrement les œufs en touchant le verre-à-couvrir avec la pointe d'une aiguille. Les figures, jusque-là vues de profil, se présenteront aussitôt de face et, au lieu de figures en bilboquet, vous aurez devant vous les plus belles figures dimidiées qu'il soit possible de rêver.

Les différentes parties que VAN BENEDEN distingue dans sa figure n'ont d'ailleurs aucune valeur, aucune signification particulière : le couvercle et le pied de son bilboquet sont des filaments astériens qui passent en avant et en arrière de la figure; la boule et la coupe représentent, la première le plasma hyalin, dans lequel toute figure cinétique est plongée, et qui se voit surtout entre les branches du fuseau dans les figures dimidiées, la seconde, le fuseau lui-même, souvent arqué.

La figure s'achemine alors vers la surface de l'œuf et se défait entièrement. C'est à ce moment que l'on observe les figures rupturées que nous avons

(1) Voir plus loin l'*Appendice*.

décrites pour la première fois. En voici une très belle : vous pourrez l'examiner à loisir au quatrième microscope. Le fuseau s'est rompu à l'équateur; les moitiés supérieures, portant les deux groupes de quatre bâtonnets parallèles, se sont écartées plus encore l'une de l'autre, en repliant le plateau supérieur qui simule maintenant une plaque cellulaire.

La rupture des figures ne se fait pas toujours de la même manière; ici les deux moitiés de la figure se séparent par l'ouverture de l'un ou des deux plateaux à la fois; ailleurs, surtout dans les figures du second globule, le fuseau se scinde en trois ou sept faisceaux et plus, dont deux portent les taches germinatives demeurées intactes; rien de plus varié donc que cette dislocation violente de la figure.

Cependant ce phénomène singulier n'est pas général; souvent en effet la figure disparaît sans se rompre. Les filaments des asters et du fuseau perdent de leur régularité; on les voit souvent jetés pêle-mêle, les granules du protoplasme s'y précipitent et bientôt ces deux groupes nucléiniens sont replongés dans un cytoplasme d'apparence ordinaire, identique à celui qui les entourait après la résolution de la membrane de la vésicule germinative, au premier début de la cinèse. C'est ce que montre bien la FIG. **5**. Voici les deux taches de WAGNER, au sein du protoplasme ovulaire, colorées vivement par le carmin d'indigo. L'une montre ses quatre bâtonnets couchés, et placés côte à côte; sur l'autre, on aperçoit seulement les quatre têtes supérieures des bâtonnets dressés. Vous constaterez vous-mêmes l'absence de prothyalosome.

Nous voici arrivés au moment de l'expulsion du premier globule. Après s'être rapprochées, parfois au point de devenir contiguës, les deux taches s'écartent l'une de l'autre, et l'on voit apparaître entre elles un nouveau fuseau non dimidié, que nous avons appelé fuseau de séparation ou de division. L'une des taches fait hernie à la surface de l'œuf, avec une portion plus ou moins considérable de cytoplasme qui est bientôt séparée de l'œuf par une plaque cellulaire véritable, et la division est achevée. Une des taches de WAGNER est donc éliminée, l'autre reste dans l'œuf, sans avoir ni l'une ni l'autre subi de changement, ni fragmentation ni division d'aucune sorte.

Nous avons tenu à vous montrer clairement ces divers phénomènes aux cinq microscopes suivants, d'où sont tirées les FIG. **6** à **10**. Sur la FIG. **9** les deux groupes primitifs de quatre bâtonnets parallèles et distincts commencent à s'éloigner; le nouveau fuseau y est nettement marqué, mais la plaque n'y existe pas encore. Celle-ci se dessine sur la FIG. **6**, où elle coupe une portion notable du protoplasme ovulaire; elle est achevée et

très accentuée sur la FIG. 7. Dans ces deux figures les huit bâtonnets sont comme rangés en bataille, quatre par quatre, comme dans la figure précédente. Mais dans la FIG. 6 ils sont dressés et vus par leurs extrémités; ils forment donc deux séries parallèles de quatre têtes disposées avec une régularité étonnante. Il suffit de toucher la préparation avec la pointe d'une aiguille pour faire prendre à la FIG. 6 l'aspect de la FIG. 7, et vice versa.

Les FIG. 8 et 10 achèveront notre démonstration. Sur la première la plaque est en voie de dédoublement; sur la seconde le globule est libéré. Vous remarquerez, Messieurs, les dimensions exceptionnelles de ces deux globules polaires; ils ont emporté une portion notable du protoplasme de l'œuf, et leur formation rappelle, à s'y méprendre, la segmentation inégale des œufs fécondés des nématodes de la roussette et de la taupe, sur lesquels je vous ferai voir tantôt des plaques cellulaires identiques à celles dont nous venons de parler.

Il est aisé de compter sur toutes ces figures les quatre bâtonnets des globules polaires et les quatre qui restent dans l'œuf. Ceux de la FIG. 10, qui ont été traités par le carmin boracique, sont aussi évidents que ceux qui ont été colorés par le vert de méthyle, et ne se distinguent en rien de ces derniers.

Ainsi, d'après nos préparations, les corps chromatiques ne subissent aucune division pendant la formation du globule polaire. L'expulsion de ce dernier se fait à l'aide d'une plaque cellulaire, et non par un trou; il a donc la valeur d'une véritable cellule, comme toute portion qui se sépare de n'importe quelle cellule à l'aide d'une plaque semblable.

Nous ne dirons qu'un mot des phénomènes qui accompagnent la formation du second globule, car ils sont la reproduction fidèle de ceux du premier. Quel que soit le réactif employé dans le traitement des matériaux frais, les figures cinétiques sont les mêmes quant à leurs traits généraux, et elles sont en tout cas identiques à celles de la première cinèse. C'est assez dire qu'elles sont ouvertes et dimidiées, dès l'origine, et qu'elles peuvent se rupturer. Un seul caractère les distingue : la présence de deux bâtonnets, au lieu de quatre, à l'équateur de chacun des demi-fuseaux. La FIG. 11 du tableau suffit pour prouver ces assertions : elle n'est que la copie de la FIG. 3 que nous connaissons. Vous y remarquerez les nombreux asters accessoires dont l'œuf tout entier est constellé, ainsi que les deux bâtonnets parallèles placés en travers de chaque branche fusoriale.

Après la disparition de la figure, les deux groupes de deux bâtonnets, toujours distincts, subissent le sort des premiers : ils s'éloignent en restant

unis par un nouveau fuseau de séparation, et l'un d'eux, l'extérieur, est éliminé à l'aide d'une plaque cellulaire. Cette plaque vous frappera lorsque vous placerez l'œil au dernier microscope. Vous y distinguerez cette figure-ci, la FIG. **12**, qui forme pour ainsi dire la synthèse de notre description. On y voit nettement les huit bâtonnets primitifs, tels qu'ils étaient au début. En voici quatre dans le premier globule, et deux dans le second. En dessous de la plaque cellulaire, qui a séparé ce dernier et qui est si fortement marquée, se détache avec une admirable netteté le noyau femelle, volumineux, déjà muni de sa membrane et renfermant les deux derniers bâtonnets nucléiniens qui n'ont encore subi aucun changement. Ces huit bâtonnets sont égaux et identiques à ceux de la vésicule germinative de la FIG. **2** et à ceux des étapes subséquentes.

Récapitulons brièvement les faits qui ressortent de l'examen des douze préparations que nous venons de parcourir.

Le noyau primitif de l'œuf est un noyau ordinaire.

L'élément nucléinien se divise en huit tronçons qui se groupent quatre par quatre en deux taches de WAGNER; il y a donc toujours deux corpuscules germinatifs chez l'*Ascaris megolocephala*; on n'y trouve ni globules, ni disques chromatiques, ni prothyalosome.

Les figures cinétiques typiques sont dimidiées, la figure ypsiliforme n'existe pas comme telle; elle est due à une simple apparence, à une vue de profil de la figure véritable. Morphologiquement parlant, la figure disparaît totalement, et les deux taches germinatives se retrouvent dans le cytoplasme ordinaire de l'œuf.

Il se forme un nouveau fuseau de séparation; l'une des taches est retranchée, l'autre reste intégralement dans l'œuf. Les globules, les disques chromatiques et le prothyalosome ne peuvent se diviser ni subir d'épuration, puisqu'ils n'existent pas.

La seconde figure est dimidiée et de tous points semblable à la première; on n'y voit ni globules ni disques ni deuthyalosome; chaque demi-fuseau porte à son équateur deux des bâtonnets primitifs. L'un des groupes s'isole avec le second globule, l'autre reste dans l'œuf; les deux derniers bâtonnets se retrouvent donc dans le noyau définitif de l'œuf. Il n'y a pas plus de division, soit longitudinale soit transversale, ni de fragmentation, ni d'épuration des éléments chromatiques, au second globule qu'au premier.

En aucun cas les globules ne sortent par un trou; ils empruntent leur formation à une plasmodiérèse véritable, se faisant à l'aide d'une plaque cellulaire.

Ils sont donc de vraies cellules, et non des noyaux.

Nous avons beaucoup regretté d'être obligé de nous mettre en désaccord formel sur presque tous les points avec nos prédécesseurs, en particulier avec E. Van Beneden, notre honorable collègue et ami de Liège; mais la vérité s'impose. Tout-à-l'heure, vous serez vous-mêmes juges du débat.

II. Variations des cinèses polaires.

Le second point dont je dois vous parler ce sont les variations des cinèses polaires chez les nématodes.

J'ai dit au début de cette conférence que les sciences biologiques naissent et vivent de la comparaison. On n'aurait en effet qu'une idée bien imparfaite, erronée même sur la formation des globules polaires chez les nématodes, si l'on bornait ses observations à une espèce, à l'*Ascaris megalocephala* par exemple.

C'est pourquoi nous nous sommes empressé, après la publication de notre premier travail, de fouiller un assez grand nombre d'autres vers : le nématode de la taupe et de la roussette, un nématode inconnu du chien, le filaroïde des sinus frontaux du putois et de la belette, l'ascaride lombricoïde de l'enfant, celui du porc, l'ophiostome de l'oreillard, enfin, tout récemment, un petit nématode vivant dans l'intestin des poissons gadoïdes, l'*Ascaris clavata*.

Nos recherches ont été couronnées de succès; nous avons rencontré trois types de cinèse chez ces helminthes.

1° Le type de l'*Ascaris megalocephala*.

2° Celui de l'*Ophiostomum* et de l'*Ascaris clavata*.

3° Enfin celui de l'*Ascaris lombricoïdes*.

1^r^ *Type*.

Le type de l'ascaride du cheval se rencontre dans la spiroptère de la taupe, la coronille de la roussette, etc., mais surtout dans l'ascaride inconnu du chien. Dans ces espèces, les figures cinétiques sont dimidiées et on en rencontre parfois de rupturées. Il y a huit bâtonnets nucléiniens, du moins au moment de la cinèse; quatre de ces bâtonnets sont expulsés avec le premier globule et deux avec le second; il en reste donc deux pour constituer le noyau définitif de l'œuf. Certes, les cinèses polaires présentent dans ces diverses espèces des variations plus ou moins étendues et des particularités intéressantes, mais nous ne pouvons y insister dans une revue aussi rapide.

Nous avons jugé inutile de vous faire voir des préparations de ces nématodes; elles feraient double emploi avec celles de l'*Ascaris megalocephala*.

Le deuxième et le troisième type présentent des caractères particuliers qui les éloignent totalement du premier; on pourrait presque dire qu'ils n'ont rien de commun avec lui. Vous allez en juger vous-mêmes par les quelques préparations qui sont installées aux microscopes de la seconde table, et que je vais décrire brièvement.

2e *Type*.

Le second type est représenté surtout par le petit ascaride des poissons gadoïdes; c'est lui que nous choisissons comme exemple (1).

La vésicule germinative des œufs de l'*Ascaris clavata* offre assez souvent les caractères d'un noyau ordinaire, ceux de la FIG. 1 par exemple. Au moment de la cinèse, les anses ou les tronçons de l'élément nucléinien filamenteux sont remplacés par 24 tronçons allongés et parallèles, couchés sur les filaments du fuseau qui se dessine. Ces tronçons se raccourcissent, en s'épaississant proportionnellement, pour former la couronne équatoriale que vous pourrez voir au microscope qui se trouve devant moi.

Au lieu d'être rangés sur un cercle périphérique, les 24 bâtonnets occupent toute l'épaisseur du fuseau; la couronne est donc pleine. Le fuseau est toujours simple; jamais on ne rencontre de figures ouvertes ou dimidiées. Vous le voyez, la figure cinétique est ici une *figure ordinaire*, une de ces figures que nous avons décrites chez les arthropodes les plus divers. Entre temps la figure se dirige vers la surface de l'œuf, et subit des phénomènes extrêmement remarquables : tous les bâtonnets de la couronne équatoriale se divisent, et leurs moitiés se retirent plus ou moins vers les pôles, à la façon habituelle; — j'omets les particularités que ce retour peut présenter. — Ensuite l'une des couronnes polaires, c'est-à-dire l'un des groupes de vingt-quatre moitiés, est retranchée à l'aide d'une plaque cellulaire, l'autre est maintenue dans l'œuf. Les préparations qui sont installées à ces deux instruments ont pour but de vous faire voir la division de la couronne, ici chez l'*Ascaris clavata*, là chez l'*Ophiostomum mucronatum* où il y a seulement six bâtonnets, au lieu de vingt-quatre. En parcourant la première de ces préparations, vous rencontrerez aisément tous les stades de la cinèse que je viens d'esquisser.

(1) Voir plus loin la *Planche* et la description qui ont trait à cette espèce.

La figure du second globule est calquée sur la première. La division équatoriale s'y fait également; vingt-quatre des nouvelles moitiés sont emportées avec le second globule, les vingt-quatre restantes entrent dans la constitution du noyau de conjugaison.

Est-il besoin, Messieurs, d'appeler votre attention sur ces faits? Leur importance ne peut échapper à personne.

D'abord ils renversent tout ce que l'étude des cinèses polaires de l'*Ascaris megalocephala* venait de nous apprendre. Les figures y sont simples et pleines. Chacun des bâtonnets subit deux divisions successives au sein de la couronne équatoriale; aucun n'est expulsé en totalité, aucun n'est conservé dans son intégrité, mais un quart de tous est réservé dans l'œuf. Les deux figures, les deux globules et le noyau final possèdent donc le même nombre d'éléments nucléiniens. Nous pourrions ajouter que, dans certains cas, le fuseau originel sert à la formation de la plaque, et par conséquent à la division polaire, avant que la figure n'ait eu le temps de disparaître; le fuseau de séparation devient dès lors inutile. Il serait difficile de trouver des différences plus tranchées que celles qui séparent ces deux types.

Ensuite ils nous paraissent avoir une valeur très considérable au point de vue des théories actuellement en vigueur sur la fécondation, de celle de Minot en particulier.

Vous connaissez cette théorie. D'après le savant de Boston, les cellules ordinaires ou somatiques seraient à la fois mâles et femelles de par leur noyau ou — en spécifiant davantage comme on le fait parfois aujourd'hui — de par leur élément nucléinien, et les cinèses auraient pour but d'expulser de la vésicule germinative la portion mâle et de rendre ainsi le noyau de l'œuf exclusivement femelle.

Si l'on admet avec le savant professeur de Liège que les éléments chromatiques, mâles et femelles, sont indépendants dans les noyaux ordinaires et, par conséquent, dans la vésicule germinative, et durant les cinèses, comme ils le sont dans la première figure de segmentation, cette théorie est insoutenable, car elle est en contradiction manifeste avec les faits. En effet nous venons de voir chez les nématodes du second type, que tous les bâtonnets indistinctement se divisent deux fois et qu'après l'expulsion des trois-quarts de chacun d'eux avec les deux globules, le dernier quart reste dans le noyau définitif de l'œuf. Celui-ci persiste donc à être à la fois mâle et femelle, c'est-à-dire hermaphrodite, comme auparavant. Il en résulte nécessairement que les cinèses polaires ici ne peuvent avoir pour but d'éliminer les éléments mâles afin de rendre le noyau femelle. Cet argument est péremptoire; il

condamne sans appel la théorie de la sexualité basée sur la soi-disant indépendance permanente des éléments mâle et femelle dans le noyau ovulaire.

La signification des globules polaires chez les animaux demeure toujours une énigme, tout aussi bien que celle de la cellule de canal et de la cellule ventrale des végétaux archégoniates, qui sont évidemment leurs homologues; car elles se forment successivement de la même manière, par segmentation inégale de l'oosphère primitive de l'archégone, pour disparaître ensuite également sans retour.

3e *Type.*

Le troisième type, celui de l'*Ascaris lombricoïdes* présente à peu près les mêmes caractères que le précédent. Les figures cinétiques sont simples et la couronne équatoriale est pleine. En outre, tôt ou tard, les bâtonnets nucléiniens se scindent aux deux cinèses; les trois-quarts de chacun d'eux sont expulsés, le dernier quart se retrouve dans le noyau de conjugaison(1).

Mais le nématode de l'enfant, ou du porc, présente, dans ses divisions polaires, deux particularités que nous n'avons rencontrées chez aucun autre de ces congénères.

a) Les globules se séparent régulièrement de l'œuf à une distance angulaire de 90°. En effet le premier se forme dans la région équatoriale, le second dans la région polaire; les plans des deux segmentations sont donc croisés à angle droit, comme cela se voit généralement sur les cellules ordinaires qui suivent la loi de Sachs.

b) Ensuite la seconde figure, qui commence à se former à l'équateur, suit une marche singulière pour arriver à destination. Elle reste souvent pour ainsi dire collée à la membrane plasmatique de l'œuf, ou membrane de Mohl, par l'un de ses pôles, et s'achemine ainsi jusqu'au sommet de l'œuf, où elle reste comme suspendue, en attendant l'expulsion du second globule.

La conclusion qui se dégage des faits que nous venons d'exposer est la suivante : rien de plus variable que les cinèses polaires des nématodes.

Tantôt il y deux taches de Wagner dans la vésicule, tantôt il n'y en a qu'une, tantôt l'élément nucléinien s'y présente sous la forme qu'il possède dans les noyaux vulgaires. Ici les figures sont dimidiées, là elles sont simples et leurs couronnes sont pleines, comme dans certaines cellules testiculaires des arthropodes. Chez plusieurs nématodes on trouve 8 bâtonnets; ailleurs il y en a 20 ou 24; parfois enfin il y en a 6 seulement.

(1) Voir à l'*Appendice* nos nouvelles recherches sur cet ascaride.

Dans les espèces du premier type les bâtonnets ne subissent aucune division, du moins au sein de la couronne, dans les autres la division équatoriale se manifeste à chaque cinèse. Chez l'*Ascaris megalocephala* et ses semblables, six des bâtonnets primitifs sont expulsés, deux restent dans l'œuf, sans avoir subi de modifications; chez les autres, un quart de chaque bâtonnet est maintenu. Tantôt les bâtonnets restent en permanence à l'équateur du fuseau, tantôt ils se retirent vers les pôles à la façon typique. Le plus souvent il apparaît un second fuseau de séparation; cependant il arrive que la plaque se forme dans le premier fuseau. Une seule chose est constante, la séparation des globules à l'aide d'une plaque cellulaire et le rejet des trois-quarts de l'élément nucléinien primitif de la vésicule germinative de l'œuf.

Ces variations dans les cinèses polaires sont d'autant plus remarquables que les espèces que nous avons choisies comme exemples de nos trois types appartiennent au même genre *Ascaris*! Pourrait-on trouver des faits plus frappants à alléguer à l'appui de cette vérité que les études comparées sont absolument indispensables en biologie pour saisir la marche des phénomènes, les analyser et en dégager ce qu'ils ont d'essentiel?

La variation des cinèses est d'ailleurs en elle-même un fait important. Il y a quelque temps, lorsque Strasburger eut accepté l'existence de la division longitudinale à l'équateur des figures de l'endosperme, Flemming déclarait dans le »Botanische Zeitung« que la question de la caryocinèse pouvait être considérée comme terminée. Nous n'en sommes malheureusement pas encore là! Plus que jamais la caryocinèse se montre variable et sujette aux difficultés et aux contestations; les phénomènes qui accompagnent les cinèses polaires des nématodes prouvent assez qu'aucun fait biologique ne réclame davantage de nouvelles et sérieuses études(1). On pouvait croire d'ailleurs qu'il ne suffirait pas de s'adresser à certains tissus de quelques batraciens pour l'élucider entièrement; c'est seulement après avoir fouillé le règne animal tout entier et les divers genres des cellules qui s'y rencontrent que l'on parviendra à en saisir le mécanisme général et les procédés intimes.

Quoi qu'il en soit, les phénomènes de la division dans les deux derniers types prouvent à l'évidence que les cinèses polaires sont des *cinèses ordinaires*, et que la plasmodiérèse s'y exécute, comme d'habitude, dans un plan perpendiculaire à l'axe du fuseau primordial. Nous avons donc été bien inspiré en cherchant à faire rentrer celles de l'*Ascaris megalocephala*, malgré leurs différences et leur étrangeté, dans la catégorie des divisions typiques.

(1) Voir à l'*Appendice* notre étude sur l'*Ascaris clavata*.

III. Plaque cellulaire.

Un mot seulement sur ce troisième point, car l'heure s'avance rapidement.

La plaque cellulaire est connue depuis longtemps chez les végétaux, mais son existence chez les animaux a été contestée jusqu'aujourd'hui; les auteurs les plus autorisés ont même cru trouver dans son absence le caractère distinctif de la diérèse des cellules animales : les cellules végétales se diviseraient à l'aide d'une plaque, les cellules animales à l'aide d'un étranglement. On peut voir dans les traités bien connus de Strasburger et de Flemming, ainsi que dans notre travail sur les *Arthropodes*, où en était cette question lorsque nous avons commencé nos recherches sur la *Cytodièrèse des animaux*.

Nous avons formulé les résultats de nos études de la manière suivante. Chez les animaux la plasmodiérèse s'exécute :

Par étranglement, à l'aide d'une plaque cellulaire, ou par les deux procédés à la fois, ainsi que je le dessine à la planche.

L'existence d'une plaque cellulaire est générale; nous l'avons rencontrée dans tous les genres de cellules : cellules des tissus ordinaires, cellules testiculaires, œufs en cinèse polaire ou en segmentation; nous avons même constaté sa présence dans les cellules qui se divisent par sténose.

Généralement la plaque débute dans le fuseau, lorsqu'il existe, et de là s'étend vers la membrane cellulaire. Mais parfois aussi elle s'établit contre la paroi et s'avance progressivement jusqu'au fuseau qu'elle finit par envahir également, ainsi que cela se voit chez les *Spirogyra* et d'autres végétaux de la famille des algues.

J'ai déjà parlé des plaques des globules polaires; vous allez voir celles de l'*Ascaris megalocephala* à quatre microscopes différents; j'ose espérer que vous ne conserverez pas le moindre doute sur leur existence. Au dernier instrument de cette table j'ai fait installer des œufs du nématode du *Scyllium* en voie de segmentation après la fécondation. Vous y remarquerez une quantité de plaques; en outre il vous sera aisé de suivre toutes les étapes de la formation de la lame séparatrice, depuis ses premiers rudiments contre la paroi de l'œuf jusqu'à son achèvement complet à travers le fuseau qui relie les couronnes polaires. Vous ne constaterez d'étranglement sur aucun œuf. En effet la division s'y exécute à l'aide de la plaque seule; l'étranglement qui se marque assez souvent sur les œufs des nématodes est consécutif et tardif; il résulte du dédoublement de la plaque elle-même

La division cellulaire se fait donc à l'aide d'une plaque chez les animaux aussi bien que chez les végétaux, et la plaque s'y établit suivant les mêmes procédés. » Ainsi tombe la dernière barrière qui se dressait encore entre la » cellule animale et la cellule végétale : la plasmodiérèse est identique dans » les deux règnes (1). «

J'ai fini; il ne me reste plus qu'à vous remercier de l'attention soutenue que vous avez bien voulu me prêter, et à vous prier de me faire le plaisir d'examiner les préparations qui sont au point sur ces tables. Ces Messieurs qui ont eu la gracieusité de m'accompagner vous donneront toutes les explications et tous les éclaircissements désirables.

Les paroles que je citais en commençant résument fidèlement le caractère de cet entretien : » La cytologie est une de ces grandes personnes » revêche, ardue et quinteuse, qui veut être gagnée par beaucoup de soins, » d'attention et de persévérance. «

La main de Dieu a répandu tant de secrètes merveilles dans ces atomes vivants, appelés cellules, que des générations entières s'useront encore au dur labeur de l'observation avant de les épuiser, et surtout avant de les comprendre. Nous nous décorons du titre pompeux de savants, et nous ne faisons toujours que balbutier : il faut travailler!....

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 411.

APPENDICE.

LES GLOBULES POLAIRES

DE

L'ASCARIS CLAVATA (1).

Nous n'avions plus l'intention de nous occuper de la diérèse des cellules animales, notre travail sur ce sujet ayant été clos par la publication, en novembre et décembre 1886, de nos deux derniers mémoires sur les globules polaires et la segmentation des nématodes (2). Cependant les faits que nous avons observés depuis sur l'*Ascaris clavata* nous ont paru assez intéressants pour en parler dans cette conférence et pour les faire connaître. Ils sont en effet de nature à jeter du jour sur les cinèses polaires, et sur certains points demeurés obscurs ou douteux pour nous chez l'*ascaride lombricoïde* et l'*ophiostome de l'oreillard*.

---

(1) Mr von Linstow, le savant helminthologiste de Hameln, a bien voulu nous déterminer cette espèce, qu'il nous permette de lui adresser nos remerciements les plus sincères pour son extrême obligeance.

(2) I. *La vésicule germinative et les globules polaires chez divers nématodes.* — II. *La segmentation chez les nématodes.* Extrait de la Revue « La Cellule » t. III, 1re fasc., p. 1; Louvain, 15 décembre 1886.

En présence des travaux qui surgissent de tous côtés sur les cinèses polaires et la cinèse en général, nous jugeons utile, pour régler les situations et prévenir toute discusion et toute contestation stérile, d'insérer la note suivante avant de donner le bon à tirer de cette feuille (8 mai 1887).

Les recherches consignées dans les deux mémoires susmentionnés ont été exécutées pendant l'été 1886, rédigées pendant les vacances de septembre, et livrées à l'impression le 15 octobre Le premier a été communiqué à plusieurs collègues dans la première semaine de novembre. A la mi-décembre nous avons commencé l'envoi des tirages à part des deux mémoires réunis et, le 30, ceux-ci ont été déposés au Ministère qui a les sciences dans ses attributions, avec notre ouvrage général sur « *La Cytodiérèse chez les animaux* » dont ils forment la dernière partie. C'est dans le premier de ces mémoires que nous avons parlé des cinèses de l'*ascaride lombricoïde* et de l'*ophiostome*. Notre publication est donc antérieure même à la communication préliminaire de Boveri : *Ueber die Bedeutung der Richtungskorper*, faite à la « Société de morphologie et de physiologie de Munich » le 16 nov. 1886, et publiée dans le 3e fasc. du t. II des Bulletins de la Société, qui porte la date de 1887. Nous ne recevons pas à Louvain les Bulletins de cette société particulière, d'ailleurs de date toute

I.

Exposons d'abord les faits.

Ascaris clavata.

Nous décrirons brièvement trois préparations; elles proviennent de trois individus différents, mais se trouvant côte à côte dans l'intestin d'un cabillaud frais, et pleins de vie au moment où ils ont été sacrifiés; comme la coronille de la roussette, ces petits vers vivent d'ailleurs assez longtemps, au moins deux ou trois jours, lorsqu'on les maintient dans leur milieu naturel, le liquide intestinal. La partie inférieure et renflée de l'ovaire dans laquelle se trouvent les œufs en cinèse, au nombre de 200 ou 300, a été dissociée avec soin sur le porte-objets; les œufs ont ensuite été traités par l'alcool acétique, additionné de chloroforme(1), ou par l'alcool sulfureux(2). Ces deux réactifs, lorsqu'on les fait passer et repasser sur le porte-objets, tuent les œufs en peu de temps. On colore ensuite par le vert de méthyle, et l'on ajoute une goutte de glycérine benzoatée(3).

Chaque préparation renfermait des figures des deux globules.

Les FIG. **14** à **22**, **24** à **40**, **44** à **53**, de la *Planche* ci-jointe proviennent de la première préparation, celle qui fut exhibée à la conférence; les FIG. **1** à **12** de la seconde et les FIG. **54** à **57** de la troisième.

---

récente; on ne les reçoit pas davantage à la Bibliothèque royale de Bruxelles dont la salle des *Périodiques* a cependant été établie pour permettre aux savants belges de prendre connaissance sans tarder des Revues étrangères. C'est seulement par la mention qui en est faite dans le travail de O. et R. HERTWIG (Jenai. Zeitschrift, B. XX, 2e u. 3e Heft, p. 486), qui a paru le 23 mars 1887, c'est-à-dire à une date postérieure même à celle de notre conférence, que nous avons connu l'existence de la note de BOVERI.

Quant au récent travail de FLEMMING : *Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle*, dont l'auteur a bien voulu nous faire hommage (vers le 20 ou le 25 avril), il voit le jour plusieurs mois après les nôtres. Il est signé du 7 janvier 1887; il a donc été envoyé aux « Archiv f. mik. Anatomie » à une date où nos mémoires étaient déjà publiés. FLEMMING dit que l'impression en a été retardée par des circonstances indépendantes de sa volonté, mais qu'il en avait fait une courte communication au congrès des naturalistes à Berlin (fin septembre 1886). Nous n'assistions pas à cette réunion de savants, et nous n'avons pas reçu de l'auteur cette note préliminaire. Dans les comptes-rendus du congrès qui furent d'abord à notre disposition (Biol. Centralblatt; nos de nov. à Mars), nous n'avons même pas rencontré le nom de FLEMMING.

Du reste, à cette époque, nos observations étaient terminées et notre travail rédigé. C'est assez dire que nos recherches sont tout à fait indépendantes de celles du savant professeur de Kiel, elles ont d'ailleurs porté sur des objets entièrement différents. La présente conférence elle-même était imprimée dans notre Revue et envoyée à Mr RICHET, lorsque nous avons reçu son article. Pour en parler, chose à laquelle nous tenions beaucoup, nous avons du ajouter un paragraphe final (IV) à cet *Appendice*.

(1) Voir *La vésicule germinative, etc. chez quelques nématodes*, p. 6. — Voir plus loin (III).

(2) *La vésicule germinative, etc. chez l'Ascaris megalocephala*; « La Cellule », t. II, p. 17.

(3) G. GILSON : La Cellule, t. II, 1r fasc., p. 87.

Les observations ont été faites à l'aide des nouveaux objectifs apochromatiques de Zeiss, et les dessins ont été levés à la chambre claire Abbe avec l'objectif à immersion homogène (2,0) et l'oculaire 8 ou 12.

1re *Préparation.*

Au moment de la pénétration du spermatozoïde, la vésicule germinative présente généralement l'aspect de la FIG. **14**; l'élément nucléinien filamenteux, irrégulier et bosselé y est scindé en tronçons de dimension variable, mais dont plusieurs sont encore très allongés, et est répandu dans toute la cavité nucléaire; sur deux œufs seulement cet élément était localisé au centre en un volumineux nucléole; sur deux autres œufs enfin la vésicule reproduisait exactement celle de l'*Ascaris lombricoïdes*, PL. VII, FIG. **203** : la nucléine s'y voyait par places, sous la forme de larmes reliées par des filaments incolores. Dans tous les cas, la membrane nucléaire est d'une grande minceur et finement granuleuse; le caryoplasme est brillant et presque homogène, quoique finement réticulé.

Première figure.

Au début de la cinèse, FIG. **15** et **16**, on trouve dans la vésicule 24 tronçons, tantôt bilobés, tantôt ondulés portant deux à quatre renflements, et prenant peu à peu une disposition paralèlle. Dans la FIG. **15**, les tronçons sont vus un peu obliquement et d'en haut. La FIG. **16** est plus avancée, le fuseau est formé; les 24 bâtonnets, vus de profil, sont un peu moins longs et plus gros que les précédents. En continuant à se raccourcir les bâtonnets prennent la forme qu'ils ont dans la la couronne équatoriale, FIG. **17**; ils sont maintenant tous bilobés, ou rétrécis en leur milieu.

A côté de la FIG. **17**, se trouvaient au moins 10 figures semblables aux FIG. **18** et **20**. L'étranglement médian s'y marque davantage et les bâtonnets semblent se diviser transversalement. La FIG. **19** représente les FIG. **17**, **18** et **20**, vues d'en haut; on y compte constamment 24 bâtonnets; on voit par cette image que la couronne est pleine, ses éléments occupant toute la section du fuseau.

Les étapes subséquentes sont indiquées par les FIG. **21** et suivantes. Selon toute apparence, chacune des moitiés des bâtonnets se divise en deux, longitudinalement, mais d'une manière incomplète, les deux moitiés se tenant encore d'un côté; on dirait que le bâtonnet s'ouvre par une extrémité seulement. Cependant en x et y des FIG. **21** et **24**, la division paraît complète. Nous verrons plus loin s'il est possible de donner à ces apparences une interprétation rationnelle.

Les bâtonnets se retirent ensuite, moitiés par moitiés, vers les deux pôles du fuseau; témoins les FIG. **25**, **26** et **27**. Sur toutes ces figures les bâtonnets sont assez allongés et généralement bilobés, comme ceux de la couronne équatoriale FIG. **17**. Il n'en est pas toujours ainsi pourtant. Sur les FIG. **28** et **29** les bâtonnets sont trapus et de diamètre uniforme; ils appellent à l'esprit l'idée de l'absence de division longitudinale dans les moitiés de la couronne équatoriale. Le retour vers les pôles se fait généralement d'une manière assez régulière; toutefois sur la FIG. **25** on voit encore des bâtonnets à l'équateur, alors que les autres sont déjà arrivés aux pôles. Ensuite les bâtonnets s'ordonnent en couronne, FIG. **30** et **31**; ces figures montrent que plusieurs couronnes polaires de cette préparation ne le cédaient en rien aux plus belles couronnes des cinèses ordinaires. Il y a régulièrement 24 bâtonnets plus ou moins bilobés dans chacune des couronnes. Nous nous réservons de parler de la FIG. **27**, à propos de la FIG. **52**; il y avait 2 figures semblables dans la préparation.

Avant d'aller plus loin, signalons quelques autres particularités.

Les asters sont nuls, ou très peu développés sur les figures de cette préparation; on en trouve, çà et là, des rudiments, rarement aussi marqués que sur les FIG. **25** et **27**.

Les choses se passent dans les œufs que nous étudions comme si la membrane nucléaire ne se résolvait pas, du moins jusqu'à l'étape où nous sommes arrivé. On constate sur la plupart des figures la présence d'un mince liséré protoplasmatique limitant la figure, et tout à fait analogue d'aspect à la mince membrane de la vésicule germinative; aussi n'avons-nous pas constaté cette fusion du caryoplasme avec le cytoplasme comme chez l'*Ascaris megalocephala*, etc., ou, sans aller si loin, comme dans la préparation suivante. Le caryoplasme reste toujours hyalin et la figure paraît indépendante du protoplasme cellulaire, en un mot, elle semble être intérieure, ainsi que cela se voit également chez l'ascaride lombricoïde et l'ophiostome.

On remarquera sur nos dessins que toutes les figures, arrivées à la surface de l'œuf, ont une position radiale, et non tangentielle; nous avons insisté sur ce fait et sur ses conséquences dans un mémoire antérieur à propos de l'ascaride lombricoïde. La phase équatoriale, le retour vers les pôles, la présence des couronnes polaires rendent aisée la détermination de l'axe de la figure par rapport à celui de l'œuf. Dans la préparation, quatre ou cinq figures seulement étaient un peu obliques.

Après les premières étapes de la cinèse, la figure diminue de volume; elle se contracte et revient sur elle-même. Pour s'en convaincre il suffit de jeter un coup d'œil comparatif sur les FIG. **15** et **16** et les figures suivantes, parmi lesquelles la FIG. **27** a seule conservé jusqu'ici sa forme et ses dimensions.

En outre la figure s'aplatit plus ou moins au sommet de l'œuf, l'axe longitudinal du fuseau diminuant de longueur; en revanche, il arrive alors que sa largeur augmente, FIG. **20**, **28**.

Les phénomènes qui se passent après la formation des couronnes polaires, lorsqu'elles existent, sont variables.

Nous avons trouvé une fois seulement la FIG. **31**. On peut admettre que les couronnes polaires et le fuseau originel y sont encore reconnaissables, malgré le rétrécissement de la figure. Mais le fuseau est traversé par une bande plus sombre, analogue à celle que nous avons signalée chez l'ascaride lombricoïde, et qui représente soit la plaque cellulaire, soit un commencement de résolution des filaments.

Dans la FIG. **32** l'image cinétique s'est fortement réduite, et les couronnes polaires se sont notablement rapprochées; la figure est encore hyaline et entourée d'un liséré distinct.

La FIG. **33***a* est assez commune. Ici les deux couronnes polaires sont plongées dans du cytoplasme ordinaire et granuleux; on ne retrouve plus aucune trace de la figure.

Dans la FIG. **34** il s'est formé une plaque entre les deux amas de bâtonnets nucléiniens, presque confondus et ressemblant à un noyau ordinaire; le globule polaire g^1 est formé.

Enfin, sur la FIG. **35**, les deux amas sont éloignés et unis par un fuseau, notre fuseau de séparation; la plaque p va isoler le globule polaire g^1.

Nous avons insinué tout à l'heure que les couronnes polaires ne se formaient pas nécessairement. En effet il n'est pas rare de trouver des couronnes équatoriales divisées transversalement, qui restent en place pendant que la figure se rétrécit et que le fuseau se dissout. La FIG. **20** montre le commencement de cette résolution : les filaments cessent d'être distincts aux pôles et le fuseau a diminué de hauteur. Les étapes suivantes sont marquées par la FIG. **45** du second globule et les figures semblables à la FIG. **13**.L^2, qui n'étaient pas très rares. Dans ces dernières le fuseau avait complétement disparu et le liséré périphérique était venu s'appliquer contre la couronne équatoriale, encore nettement reconnaissable parcequ'elle est demeurée stationnaire. Au lieu que ce soient les demi-bâtonnets qui montent vers les

pôles, ce sont ceux-ci qui viennent à eux. Il y avait environ 12 figures de cette sorte dans notre préparation. Sur les FIG. **20**, **28** et **29**, les éléments de la couronne ne présentent encore aucun indice de division longitudinale.

Seconde figure.

Sur les FIG. **36** et **37**, le groupe nucléinien n^2, resté dans l'œuf et formé de 24 bâtonnets bilobés, s'entoure d'une auréole hyaline limitée par une membrane nucléaire, ou liséré périphérique, si l'on veut : tel est le premier début de la seconde figure. Les bâtonnets nucléiniens sont rangés parallèlement dans la FIG. **36**, tandis qu'ils sont désordonnés dans la figure suivante; cela dépend, croyons-nous, de l'état dans lequel ils se trouvaient lors de la formation du premier globule, ou de l'état de conservation des couronnes polaires.

Les figures suivantes sont tellement identiques à celles du premier globule qu'il est inutile d'y insister. La FIG. **38** correspond à la FIG. **17**, seulement la couronne est dessinée obliquement pour montrer que les 24 bâtonnets occupent toutes les profondeurs du fuseau. Ces bâtonnets sont également bilobés. Les FIG. **39** et **40** reproduisent les FIG. **18** et **20**, et la FIG. **44** la FIG. **22**.

La FIG. **46** indique l'étape qui suit celle de la FIG. **44** : les 48 moitiés, un peu irrégulières de forme et assez allongées, se mettent en marche vers les pôles. La même figure est vue d'en haut sur la FIG. **47**, cette figure a été dessinée en déplacant très légèrement le foyer du microscope, afin de pouvoir y inscrire la section de tous les bâtonnets.

Les FIG. **48** et **49** sont identiques à la FIG. **26**, la FIG. **50** à la FIG. **30**.

Sur la FIG. **45** on voit le rapetissement de la figure, à l'étape de la couronne équatoriale, sans qu'il y ait eu déplacement vers les pôles; elle représente un état de réduction plus avancé que celui de la FIG. **20** du premier globule. Les FIG. **51** et **53** montrent des couronnes polaires dans des figures réduites, mais encore hyalines. Ces couronnes sont vues de profil sur la première de ces figures : les bâtonnets, placés parallèlement, occupent tout le fuseau; vues d'un haut, elles donnent l'image de la FIG. **19**; elles reproduisent donc exactement la couronne équatoriale de la FIG. **17** ou **38**.

Dans la FIG. **53**, l'une des couronnes polaires, n^3, est vue très obliquement, à peu près à plat; l'autre, g^2, se présente de profil, mais les bâtonnets y sont moins bien ordonnés que dans la FIG. **51**.

Les deux figures précédentes ont encore leur aspect hyalin et leur liséré périphérique. Mais on trouvait également les étapes suivantes, celles de la FIG. **33** *b* et *c*; les deux amas nucléiniens, de plus en plus rapprochés par le retrait de la membrane périphérique, sont vus de profil en *b*, et de face en *c*; dans ce dernier cas ils se projettent l'un sur l'autre et rappellent un noyau ordinaire. Enfin dans la FIG. **33** *a*, la figure cinétique a totalement disparu et les deux couronnes, à bâtonnets serrés et plus ou moins désordonnés, sont librement plongées dans le cytoplasme ovulaire, ainsi qu'il a été dit plus haut. Il n'y avait dans la préparation qu'une seule image de la séparation du second globule; elle était semblable à la FIG. **34** que nous connaissons.

Parmi les secondes figures nous n'en avons trouvé qu'une qui rappelât la FIG. **27**, c'était la FIG. **52**. Ces deux figures sont au même stade, celui de l'ascension polaire. Elles sont caractérisées par la multitude et la ténuité excessive de leurs bâtonnets; nous en avons compté plus de 80, mais on peut admettre que leur nombre était vraisemblablement double de celui des figures typiques, qui est de 48. On remarque cependant une différence entre elles. Dans la FIG. **52** les bâtonnets sont droits et homogènes, tandis que dans la FIG. **27** ils sont un peu bilobés et arqués. Nous reviendrons plus tard sur ces figures intéressantes.

2e *Préparation* : FIG. **1** à **12**.

Le plupart des noyaux ovulaires du second ascaride présentaient une grande ressemblance avec ceux du premier FIG. **14**. Cependant on trouvait des transitions entre cette figure et la FIG. **1**, dans laquelle nous avons compté 24 bâtonnets plus courts, repliés ou géminés, ou simplement ondulés; nous nous occuperons plus loin de cette figure.

Les premières étapes de la cinèse ne présentent rien de particulier, mais les figures arrivées à leur plein développement méritent de fixer un moment notre attention.

Elle se faisaient remarquer par leur grandeur et la puissance de leurs asters rappelant les grands asters primaires de l'*Ascaris megalocephala*, FIG. **2** à **8**. La limite si nette dont nous avons signalé l'existence entre les figures précédentes et le cytoplasme n'existe plus; la membrane nucléaire s'est résolue, et le fuseau est plongé dans le protoplasme ovulaire, tout en conservant, comme dans toutes les figures cinétiques du reste, un aspect plus hyalin. Les figures sont pleines. Le fuseau y est très développé et terminé par deux plateaux granuleux, identiques à ceux que nous avons décrits chez

l'ascaride du cheval. De ces plateaux partent dans tous les sens de nombreux filaments astériens, droits ou ondulés, très longs et qui descendent sur les côtés de la figure en recouvrant partiellement le fuseau, pour se croiser à l'équateur; le réticulum plastinien de l'œuf a donc subi une modification étendue. Sur l'une de ces figures, nous avons remarqué deux beaux asters latéraux; une autre était identique à la FIG. **38**, PL. II de l'ascaride du cheval, à part la dimidiation.

Les tronçons nucléiniens sont au nombre de 24. Ils s'ordonnent à l'équateur pour y former une couronne à bâtonnete droits et bilobés, comme dans les FIG. **17** et **38**. Tous les phénomènes de division, signalés précédemment, s'exécutent au sein de cette couronne : la FIG. **2**, avec sa division transversale apparente, est identique aux FIG. **18** et **40**; les FIG. **22** et **44**, dans lesquelles les bâtonnets se marquent d'un espace hyalin central, y étaient communes. La FIG. **3** indique l'étape subséquente; elle correspond exactement à la FIG. **46**, et les bâtonnets qui se mettent en marche vers les pôles y ont la même forme; les FIG. **4** et **5** représentent les stades ultérieurs de ce retour et la formation des couronnes polaires. Tous les phénomènes s'exécutent donc ici également comme dans la cinèse typique; c'est en vain qu'on y chercherait une différence. Cette ressemblance est plus frappante encore dans les trois images suivantes, FIG. **7**, **8** et **9**, qui sont des plus remarquables. Elles démontrent en effet que la plaque cellulaire *p* s'établit dans le fuseau originel, et y découpe les énormes globules polaires g^1, véritables cellules s'il en fût, où l'on reconnaît encore les rayons des asters et les filaments du fuseau. La plaque et l'isolation des globules à l'aide de son dédoublement y sautent aux yeux.

Cependant les phénomènes sont loin de se passer toujours de cette façon; nous n'avons rencontré que *10 à 12 œufs semblables* dans notre préparation. Sur la plupart, la figure se défaisait entièrement; les FIG. **10**, **10'** et **11** le prouvent suffisamment. Ces images étaient communes. On y voit le fuseau s'évanouir et la figure cinétique revenir sur elle-même, en même temps que les rayons astériens s'effacent graduellement. Rarement les filaments du fuseau restent visibles et comme tendus entre les deux couronnes. Il semblerait alors que c'est grâce à la contraction des filaments fusoriaux que les couronnes se rapprochent et que la figure se rapetisse. Nous croyons cependant qu'il n'en est pas ainsi. Car, généralement, on voit les filaments du fuseau s'onduler et se résoudre dans leur région équatoriale FIG. **6**; la figure est alors rupturée comme chez l'*Ascaris megalocephala*; seulement chacune des moitiés porte une couronne polaire et, au lieu de s'éloigner l'une

de l'autre, elles ne tardent pas au contraire à se rapprocher à mesure que progresse la dissolution du fuseau. Les rayons des asters se maintiennent plus longtemps; on les voit encore nettement sur une foule d'œufs à l'étape de la FIG. **10'**, ou à une étape encore plus avancée; ce sont eux — et conséquemment le cytoplasme — qui ramènent les deux moitiés polaires au centre de la figure dont le fuseau a disparu. A la fin, ils s'évanouissent eux-mêmes, et la figure prend l'aspect de la FIG. **33** *a*, ou bien; ce qui arrive également lorsque les couronnes polaires se rapprochent au point de se toucher, elle prend l'aspect d'un noyau ordinaire au milieu de sa cellule, FIG. **11** et FIG. **33** *b* et *c*. Nous avions déjà constaté ce dernier phénomène sur l'*Ascaris lombricoïdes*.

Enfin survient la séparation du premier globule. Elle se fait exactement comme dans les cas semblables de la première préparation. On trouve en effet fréquemment la FIG **12** et des images identiques de tous points à la FIG. **35**. Dans la première, la séparation se fait à l'aide de la plaque *p*, avant que les groupes nucléiniens ne s'éloignent à nouveau; le fuseau de séparation demeure rudimentaire. Dans la seconde, ce dernier s'accentue, et la séparation se fait à la façon que nous avons décrite et figurée tant de fois dans nos travaux précédents.

Les secondes figures, dans cette préparation, étaient identiques aux premières; il serait superflu d'en parler. Disons seulement que nous n'avons pu constater avec certitude que sur un *seul œuf* la séparation du second globule dans le fuseau primitif, c'est-à-dire à la façon indiquée par les FIG. **7** et **8**.

3e *Préparation* : FIG. **54** à **57**.

Nous ne dirons qu'un mot du troisième ascaride. Nous voulons seulement mentionner l'aspect et la petitesse de ses figures cinétiques. Au moment de la cinèse, un seul phénomène se manifeste : l'élément nucléinien déjà ramassé sous la forme de nucléole, FIG. **54**, s'accumule à l'équateur du noyau, pour y former une bande assez haute, mais relativement peu large. On peut constater que les filaments plus ou moins parallèles dont il est composé sont d'une ténuité extrême, et qu'ils paraissent coupés aux extrémités. En diminuant de hauteur cette bande constitue la couronne équatoriale, FIG. **55**. A cette phase, et déjà même un peu auparavant, le caryoplasme se transforme en fuseau grossier à l'intérieur du noyau qui demeure entouré de sa membrane, comme avant la cinèse, et conserve toujours son volume et sa forme

primitive. Nous n'avons jamais vu trace d'asters. Ensuite la couronne, ou la lame équatoriale, se divise en deux lames parallèles de moitié moins hautes que la première, et s'éloignent peu à peu l'une de l'autre FIG. **56**. Entre temps, la figure vient se placer radialement au sommet de l'œuf et revient sur elle-même, à la façon déjà décrite; elle présente alors généralement l'aspect de la FIG. **57**; c'est-à-dire qu'elle simule un corps nucléaire; ce n'est qu'en faisant mouvoir les œufs, pour observer ce corps sous toutes ses faces, que l'on parvient parfois à y découvrir une bande transversale hyaline, dernier indice visible de la séparation des deux amas nucléiniens.

L'élimination du premier globule se faisait comme dans les FIG. **34** et **35**.

Les figures du second globule étaient pour la plupart semblables aux premières. Nous devons signaler cependant la présence de cinq ou six figures équatoriales plus grandes et à bâtonnets plus épais, copiant dans leur ensemble la FIG. **17** de la première préparation, et formant comme la transition naturelle avec les figures de cette dernière.

Ascaris lombricoïdes :

FIG. **13**.L^1 et L^2, FIG. **23**.L, FIG. **41**.L, **42**.L et **43**.L.

La ressemblance des cinèses de l'*Ascaris clavata* avec celles de l'*Ascaris lombricoïdes*, que nous avions esquissées brièvement quelque temps auparavant, ne pouvait nous échapper. En étudiant l'ascaride des gadoïdes nous retrouvions à chaque pas les figures de l'ascaride du porc, mais avec une netteté beaucoup plus grande et qui nous frappait d'autant plus que nous avions du laisser plusieurs questions indécises dans notre premier mémoire(1). Nos doutes portaient principalement sur trois points : la division équatoriale, l'ascension polaire et la séparation des globules. Nous écrivions en effet à propos de ces divers points.

„ Nous n'avons jamais observé le moindre indice de segmentation
» transversale à l'équateur, ni le moindre indice de division longitudinale
» sur les bâtonnets... Loin de nous d'ailleurs la pensée de nier catégorique-
» ment l'existence de ces deux divisions, parce que nous ne les avons pas
» observées; une pareille conclusion, basée sur un argument purement
» négatif, ne serait pas logique (p. 43)..... Bien que nous ne les ayons pas
» observées, il est possible que les mêmes divisions (celles de l'ophiostome)
» se fassent aussi chez l'*Ascaris lombricoïdes* (p. 54). «

(1) J. B. CARNOY : *La vésicule germinative et les globules polaires chez quelques nématodes;* La cellule, t. III, 1r fasc. — Ascaris lombricoïdes, p. 37 à 44.

» A côté de ces figures à couronne (équatoriale) bien dessinée, on en » trouve d'autres, FIG. **206**, dans lesquelles les bâtonnets, souvent plus al- » longés, sont irrégulièrement dispersés. Ces sortes de figures peuvent repré- » senter l'état antérieur à la couronne, elles peuvent aussi indiquer l'étape » subséquente, p. 38 «. Plus loin, p. 40, nous ajoutions : Nous n'avons pas » rencontré de stade ultérieur correspondant à celui des couronnes polaires... » Nous avons vu quelquefois les FIG. **214** et **215** dans lesquelles les bâtonnets » de l'équateur semblent être descendus vers les pôles. Mais ces figures sont » assez rares; elles ne sont pas nettes... Nous croyons plutôt qu'il faut voir » dans ces images un commencement de dislocation de la figure elle-même...

» A ne considérer que les phénomènes, il *semble*, avons-nous dit à des- » sein, que les anses ou les tronçons nucléiniens se déchirent violemment au » moment même de la formation du fuseau de séparation... Il se pourrait » cependant que l'apparence ne correspondît pas à la réalité. Les bâtonnets » de la couronne équatoriale sont certainement indépendants; ils peuvent » rester tels pendant la dislocation de la figure et se réunir en deux groupes » rapprochés et serrés, quoique distincts, dans la masse unique en appa- » rence de la FIG. **222**. Pendant la formation du fuseau de séparation ces » groupes ne feraient que s'éloigner l'un de l'autre, comme dans toutes les » autres espèces que nous avons étudiées. Au point de vue de l'analogie cette » explication est très plausible et, loin de la rejeter, nous sommes porté à » l'accepter. Il faut attendre que l'on ait fouillé d'autres groupes pour se pro- » noncer définitivement entre les deux interprétations susmentionnées. «

Les nouvelles recherches que nous avons faites sur l'ascaride lombricoïde lui-même ont heureusement levé ces incertitudes.

Pour rester autant que possible dans les conditions normales (1), nous avons choisi un lot d'individus extraits d'un porc sain tué pour la consommation à l'abattoir de Louvain, et transmis sans aucun retard à notre laboratoire; c'est assez dire qu'ils étaient pleins de vie. Ils ont été utilisés trois ou quatre heures après la mort du porc. Afin de tuer rapidement les œufs éparpillés sur le porte-objets, nous les avons soumis à l'action de l'acide sulfureux, de l'alcool presque saturé de cet acide (300 fois son volume), ou enfin de l'alcool acétique. En les traitant ensuite par le vert de méthyle, il est aisé de distinguer ceux qui vivraient encore, car ils conservent leur aspect brillant et ne prennent pas le réactif colorant. En général les œufs qui sont arrivés à la seconde cinèse résistent davantage, comme dans la plupart des

(1) Voir plus loin le paragraphe III.

autres espèces du reste; il est nécessaire de les maintenir plus longtemps dans le réactif. Lorsque l'élément nucléinien est coloré par le vert de méthyle, ce qui exige un certain temps, la préparation est lavée, et examinée dans la glycérine benzoatée.

Nous avons traité de la sorte une trentaine de préparations, prises aux endroits convenables dans quatre individus différents. Deux d'entre eux étaient de taille moyenne; les deux autres étaient très petits et possédaient à peine les dimensions des individus mâles.

Parmi les faits observés, nous noterons uniquement ceux qui complètent nos premières observations.

Nous avons pu comparer les figures du premier globule dans les quatre ascarides, mais celles du second n'étaient bien visibles que sur une préparation tirée d'un petit individu.

Un examen attentif nous a révélé sur ces figures toutes les particularités observées chez l'*Ascaris clavata*.

1° Sur les préparations appartenant aux deux petits individus les figures étaient plus amples, munies de filaments astériens assez nombreux et venant se croiser à l'équateur. A l'étape équatoriale elles étaient tellement identiques à celle de la 2e préparation de l'*Ascaris clavata*, qu'il eut été impossible de les en distinguer; le lecteur peut s'en assurer en comparant la FIG. **2** avec la FIG. **23**.*L*. Vues d'en haut elles présentent l'aspect de la FIG. **19**, et l'on y compte 20, 22 ou 24 bâtonnets; il y en a probablement toujours 24.

Les figures des deux grands individus étaient plus réduites, limitées par un liséré périphérique et rarement munies d'asters peu développés, en un mot semblables à celle de la 1re préparation de l'*Ascaris clavata*. Ce sont surtout ces figures que nous avons décrites antérieurement. On compte également 20 à 24 bâtonnets dans leur couronne équatoriale, d'ailleurs identique à la précédente.

2° La division équatoriale et l'ascension vers les pôles sont réelles.

Nous avons rencontré sur tous les individus les images des FIG. **23**.*L*, **42**.*L*, **43**.*L*; ainsi que des images analogues à celle de la FIG. **13**.L^1 qui correspond à la FIG. **22**. Mais ces dernières images sont toujours moins nettes que celles de l'*Ascaris clavata*, l'ouverture des bâtonnets n'y est indiquée que par un espace hyalin.

Quant à l'ascension des bâtonnets vers les pôles, elle présente toutes les particularités mentionnées chez l'ascaride des gadoïdes : elle se fait, ou elle ne se fait pas et, lorsqu'elle existe, elle s'exécute également de deux façons

différentes. Les FIG. **41**.*L*, **42**.*L*, **43**.*L*, **13**.L^1 et L^2 démontrent ces assertions. Sur les FIG. **42**.*L* et **43**.*L* les éléments de la couronne sont en marche vers les pôles du fuseau encore intact. La première correspond à la FIG. **28** : les bâtonnets se sont mis en mouvement après la scission transversale; leur marche est très irrégulière. Dans la seconde, les bâtonnets sont plus allongés, bilobés et comme formés de deux moitiés encore retenues par une extrémité; cette figure est identique aux FIG. **48** et **26**, et doit être interprétée de la même manière.

Nous avons tenu à reproduire les images des FIG. **41**.*L*, **13**.L^1 et L^2, car elles marquent les diverses étapes du rétrécissement et de la disparition graduelle de la figure et du fuseau, avant que la couronne n'ait subi la moindre dislocation; l'ascension polaire y fait donc complétement défaut, comme dans les images semblables de l'*Ascaris clavata*, FIG. **20** et **45**. Sur la FIG. **13**.L^2, les bâtonnets sont traversés par un espace longitudinal hyalin qui manque sur les autres figures.

On le voit, les phénomènes qui suivent l'étape de la couronne équatoriale sont identiques dans les deux ascarides. Nous ferons seulement observer que les images reproduites par la FIG. **42**.*L*, c'est-à-dire celles à bâtonnets allongées et bilobés, étaient plus rares dans nos préparations de l'*Ascaris lombricoïdes*; en outre les couronnes polaires y étaient généralement moins régulières que celles des FIG. **29**, **30** et **50**.

Ces nouvelles observations nous permettent d'attribuer à nos anciennes FIG. **206**, **214**, **215** et **219**, dont il a été fait mention plus haut, p. 257, une signification plus précise; elles représentent bien, ainsi que nous l'avions soupçonné d'abord, diverses étapes de l'ascension des éléments de la couronne vers les pôles, après la division équatoriale.

3° Restait un doute à éclaircir : celui qui concerne la formation des globules eux-mêmes.

Nous l'avions déjà dit dans notre première communication, les figures qui sont en ascension polaire sont généralement peu nettes; les bâtonnets y sont comme jetés pêle-mêle et sans ordre. Même sur nos nouvelles préparations, nous avons trouvé peu de figures où les bâtonnets descendant vers les pôles fussent distribués en deux séries régulières et parallèles. Lorsque la figure se défait, ou se rétrécit, ce qui ne tarde pas à arriver, les amas polaires en désordre s'enchevêtrent et se confondent apparemment, dans beaucoup de cas du moins; leur ensemble simule alors un noyau quiescent; nous avons assez insisté sur ce point dans notre publication précédente. C'est

cette circonstance avant tout qui rend difficile l'étude des phénomènes intimes qui se passent dans l'élément nucléinien, lors de la séparation des globules. Néanmoins on peut affirmer que les choses s'y passent comme chez l'*Ascaris clavata*.

Voici nos raisons.

a) Il convient de parler d'abord de la préparation du petit ascaride, qui concerne le second globule, et qui a été mentionnée plus haut. Les figures de cette préparation, bien visibles au bord de l'œuf, étaient munies d'asters, surtout à leur pôle inférieur. Or, sur *deux* d'entre elles, nous avons pu constater avec certitude la séparation du globule au milieu du fuseau originel; ces figures copiaient exactement les FIG. **7** et **8** de l'*Ascaris clavata*, à cela près que les futurs globules polaires étaient moins volumineux. Sur l'un de ces derniers, on voyait également les rayons des asters. Ces images ressemblaient aussi beaucoup à celles de nos FIG. **228** et **229**, Pl. VII, dans lesquelles les éléments nucléiniens sont ordonnés en couronne régulière. Nous serions assez porté à admettre que ces dernières représentaient également des figures cinétiques en voie de division ordinaire, plutôt que des fuseaux de séparation; mais nous verrons plus loin qu'il est difficile de se prononcer sur la signification de pareilles figures, lorsqu'elles sont dépourvues d'asters.

Dans tous les autres œufs de la même préparation, le fuseau avait entièrement disparu; les deux couronnes devenues contiguës, ou à peu près, étaient directement entourées par le cytoplasme de l'œuf. On y voyait les FIG. **32**, **33**, **34** et **12** de l'*Ascaris clavata*, ainsi que les FIG. **221** et **222** de la PL. VII, et, au moment de la formation du second globule, les FIG. **223** à **226**, sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure.

b) Une chose nous a étonné en scrutant les préparations du premier globule, surtout celles à figures amples et munies d'asters étendus : nous n'y avons pas rencontré une seule image indubitable de la séparation de la cellule polaire au sein du fuseau cinétique. Tous les phénomènes de la disparition des figures s'exécutaient comme dans les FIG. **10** et **11** de la *Planche* ci-jointe, ou à la façon décrite dans notre premier mémoire. Mais, cette fois, nous avons rencontré un certain nombre d'œufs montrant les FIG. **32** et **33**, **34**, **35** et **12**; il est évident, d'après ces figures, que les couronnes polaires, dans certains cas, demeurent indépendantes, et que le globule s'isole à la façon indiquée dans les FIG. **12**, **34** et **35**.

c) Mais souvent aussi les deux amas nucléiniens se confondent en un corps unique, où toute dualité disparaît. Les bâtonnets y sont d'autant plus

enchevêtrés que leur distribution est plus irrégulière pendant leur descente vers les pôles. En se dégageant au moment de la formation du globule les deux couronnes doivent simuler, par leur irrégularité même, une dislocation violente, comme dans nos FIG. **223** à **226**, PL. VII, que nous avons revues plusieurs fois dans nos nouvelles préparations. On ne saurait prouver, il est vrai, que les tronçons nucléiniens ne sont pas rupturés par l'étirement qu'ils subissent, mais l'analogie peut faire admettre une simple séparation des deux masses polaires, comme dans le cas précédent (*b*).

d) Quant aux images analogues à celle de la FIG. **13**.L^2, nous n'avons pu déterminer leur sort ultérieur avec certitude. Nous en avons seulement vu deux qui pouvaient faire supposer que les deux séries de bâtonnets étaient séparées par la plaque sans avoir subi de changement, c'est-à-dire avant que la division longitudinale incomplète ne s'y exécutât. Nous croyons que, grâce à leur retrait toujours croissant, ces sortes de figures se transforment plutôt en amas de bâtonnets semblables à ceux de la FIG. **33**, en passant par la FIG. **51**, où la division longitudinale a eu lieu; nous reviendrons sur ce détail dans la discussion (1).

---

(1) *Note.* (Voir la note (2), p. 247)

Les observations de BOVERI : *Ueber die Bedeutung der Richstungskorper;* Sitzb. d. Gesell. f. Morph. u. Physiol. in München, II B., p. 101, sont assez concordantes avec les nôtres. Il admet comme nous que la 1e figure est pleine et possède 24 bâtonnets — il dit 24 ou 25; nous ne connaissons pas de figures avec un nombre impair d'éléments — et qu'elle vient se placer radialement à la surface de l'œuf, mais il ne dit pas dans quelle région. Les bâtonnets de la couronne se divisent transversalement. Cette division était déjà indiquée avant la cinèse : chaque bâtonnet y était formé de deux moitiés chromatiques, réunies par une partie achromatique — nous n'avons pas observé ce détail. — Ensuite a lieu le retour vers les pôles avec une régularité telle que les bâtonnets de chaque groupe restent toujours dans un même plan; enfin la division a lieu dans le fuseau originel par « eine bis zur Oberfläche des Eis durchschneidende zarte Grenze, welche die äussere « Spindelhäfte mit einem Theil der Zellsubstanz als ersten Richtungskörper vom Ei trennt. » BOVERI veut évidemment désigner par « *zarte Grenze* » notre plaque cellulaire dont il n'a pas reconnu la nature; il admet donc aussi avec nous que le globule polaire renferme du protoplasme et est une cellule véritable — et non un noyau sortant par un trou, comme le veut VAN BENEDEN. La moitié restée dans l'œuf se reconstitue en noyau. Le second globule se sépare à 90° de distance du premier, ainsi que nous l'avions déjà constaté dans notre premier travail. BOVERI se tait sur la seconde figure, et déclare n'avoir pu déterminer le nombre des éléments du 2e globule, lequel serait d'ailleurs plus petit que le premier. Il conclut, d'accord avec nous et en opposition avec VAN BENEDEN, que la division polaire est une cinèse ordinaire, alors même qu'il faudrait admettre les variations que nous avons signalées chez l'*Ascaris megalocephala*.

Nos recherches, plus étendues que celles de BOVERI, les complètent heureusement, et nous permettent d'y apporter quelques modifications.

1° Nous avons dévoilé la marche et les caractères de la seconde figure. Elle se rend de l'équateur vers un pôle en suivant, le plus souvent, la membrane plasmatique de l'œuf. Quant à sa constitution, cette figure est identique à la première. On y trouve 24 bâtonnets, représentant 24 des moitiés de la 1e figure, qui subissent les mêmes phénomènes de division à l'équateur; le retour polaire et la formation du second globule présentent également toutes les mêmes particularités. Enfin, le second globule renferme, comme le premier, 24 éléments nucléiniens.

II.

Discussion et interprétation des faits.

Parlons d'abord des phénomènes cinétiques; nous réserverons pour le paragraphe suivant la question de la normalité des figures.

1° Au moment où la vésicule germinative entre en mouvement cinétique, on y compte 24 bâtonnets; cela n'est pas douteux, FIG. **1**, FIG. **15**. Mais comment ces bâtonnets ont-ils pris naissance? Il n'est pas facile de répondre à cette question. A ne considérer que les FIG. **14**, **15** et **16**, on dirait que les 24 bâtonnets parallèles des deux dernières figures dérivent de la segmentation pure et simple de l'élément filoïde de la FIG. **14**, déjà partagé en tronçons de diverse longueur. Dans cette hypothèse la FIG. **1** représenterait l'étape intermédiaire entre la FIG. **14** et les FIG. **15** et **16**; la scission de la forme pelotonnée y serait achevée. Les premiers phénomènes se dérouleraient donc comme dans les cinèses ordinaires. Ensuite les tronçons allongés et plus ou moins bosselés des FIG. **15** et **16**, en se ramassant sur leurs filaments, donneraient naissance à la couronne équatoriale de la FIG. **17**. Cette explication est simple et naturelle.

Mais d'autre part si l'on songe à la présence dans la préparation de noyaux semblables à ceux de nos FIG. **202** et **203**, PL. VII, et aux phénomènes qui se passent dans la couronne équatoriale, et qui seront discutés tout à l'heure, on peut se demander avec fondement si les tronçons irréguliers et

---

2° A l'équateur, BOVERI n'a mentionné que la division transversale; il ne parle pas de l'espace hyalin qui traverse les bâtonnets et qui, d'après nous, est l'indice d'une seconde division longitudinale incomplète (voir la discussion qui suit.)

3° D'après BOVERI le retour vers les pôles serait d'une régularité mathématique, sans doute comme dans nos fig. 29, 30 et 50. Pour nous, ce n'est là qu'un cas particulier, et qui nous a paru assez rare, de l'ascension polaire Deux autres cas peuvent en effet se présenter : *a)* l'ascension est souvent irrégulière et désordonnée, fig. 42. L.; *b)* elle peut faire défaut, fig. 13.L², parce que la figure revient sur elle-même, et finit par enserrer la couronne équatoriale demeurée immobile.

4° Tous les phénomènes de la dislocation ou de la résolution de la figure cinétique ont échappé au savant de Munich. Quoique nous ne l'ayons pas observée, nous sommes loin de nier l'existence de la séparation éventuelle du 1ʳ globule polaire *dans le fuseau originel*, à la façon indiquée par nos fig. 7 et 8; nous en avons nous-même signalé deux exemples pour le second globule. Mais, d'après nos observations réitérées sur les *Ascaris lombricoïdes* et *clavata*, ainsi que sur les autres nématodes, la figure cinétique disparaît morphologiquement, dans un très grand nombre de cas, avant la formation du globule lui-même. BOVERI est-il bien sûr qu'il n'a pas pris le fuseau de séparation pour le fuseau originel? On peut en effet confondre aisément ces deux fuseaux. La question de la séparation des globules a été traitée avec détail dans nos divers mémoires, et sera encore discutée plus loin.

5° Quant au volume du second globule, il est très variable; on en trouve fréquemment qui sont même plus volumineux que le premier, fig. 224 à 230, Pl. VII, par exemple. Ce volume varie avec les œufs et, peut-être aussi, avec les individus.

en forme de larmes de ces noyaux, après s'être isolés l'un de l'autre, ne s'ouvriraient pas à une extrémité pour donner naissance aux bâtonnets de la FIG. **1**; ceux-ci sont en effet vaguement bilobés ou en forme de V et comme repliés sur eux-mêmes. Entre les étapes des FIG. **14** et **1**, il faudrait donc placer celles des FIG. **202** et **203**. Cette seconde hypothèse rend également bien compte des faits; seulement on est forcé d'admettre que, lors de la formation du fuseau, les bâtonnets bilobés, issus d'une division incomplète, peuvent s'étirer en un filament bosselé, mais continu et où toute trace de division antérieure a disparu, FIG. **15** et **16**. En outre, elle présente un avantage sur la précédente : celui d'identifier complétement la première cinèse avec la seconde, comme on le verra plus loin.

Pour décider quelle est celle de ces deux explications qui correspond à la *réalité*, il faudrait connaître exactement ce qui se passe dans le noyau de la FIG. **1**. On voit dans ce noyau, reproduit à dessein, quelques éléments nucléiniens qui semblent s'ouvrir à une extrémité; mais on pourrait dire aussi bien qu'ils représentent un filament recourbé dont les deux branches sont appliquées l'une contre l'autre. L'observation ne permet donc pas de se prononcer.

2° Les phénomènes qui se passent au sein de la couronne équatoriale sont difficiles à observer et plus difficiles encore à expliquer avec certitude. Nous avons décrit les apparences : les bâtonnets bilobés se divisent transversalement, FIG. **18** et **40**; un espace hyalin se marque sur les moitiés, FIG. **13**, L^1 et L^2; puis celles-ci semblent, tantôt s'ouvrir par une extrémité seulement FIG. **22** et **44**, tantôt se couper suivant toute leur longueur en deux sous-moitiés distinctes FIG. **21** et **24**, x et y. On pourrait recourir à deux hypothèses pour rattacher ces phénomènes, savoir : *a*) à l'existence de deux divisions successives ou simultanées, une transversale et une longitudinale complète ou incomplète; ou bien, *b*) à la présence d'une division longitudinale unique.

L'idée de la coexistence des deux modes de division au sein de la couronne équatoriale n'est pas neuve dans notre esprit. En 1885, nous écrivions ce qui suit : » Sans doute on croirait volontiers que les deux modes de di-» vision (longitudinale et transversale) ne peuvent exister à la fois dans la » même couronne. Cependant la chose est-elle impossible? Jetons un regard » sur les FIG. **292** à **296**. **132**, **159**, **160** et **229**. A la rigueur on pourrait y voir » une double division. La nucléine qui remplissait d'abord le bâtonnet, se

» scinderait longitudinalement en deux lames latérales, lesquelles en s'ache-» minant vers les deux extrémités du bâtonnet y formeraient une bande » arquée; un étranglement transversal viendrait ensuite séparer ces deux » bandes qui se présenteraient alors comme deux fers à cheval indépendants » et opposés par leur concavité (1). « Plus tard nous avons admis cette double division pour expliquer les phénomènes qui se passent dans les couronnes de l'ophiostome. » La division longitudinale, avons-nous dit, « se marque déjà à l'équateur avant que la séparation transversale ne soit » achevée. *Deux divisions peuvent donc être en voie de s'effectuer en même* » *temps* (2). «

Les faits que nous allons discuter semblent justifier pleinement cette manière de voir.

a) Ce qui se remarque en premier lieu dans la couronne, c'est la séparation des deux lobes des bâtonnets par une bande hyaline transversale qui coupe la couronne en deux moitiés symétriques et parallèles, FIG. **18** et **40**, FIG. **23**.*L* et **41**.*L*. Ce phénomène s'explique tout naturellement dans le sens d'une segmentation transversale. Mais dans l'hypothèse d'une division longitudinale, il paraît plus difficile à concevoir. Il faut admettre alors que la nucléine se retire vers les bouts des bâtonnets, soit naturellement, soit sous l'influence des réactifs les plus divers et les plus bénins, car ce retrait est d'une existence générale, en laissant libre et incolore la partie étranglée. Ce serait là, semble-t-il, un fait assez singulier. Cependant nous avons déjà fait remarquer à plusieurs reprises dans nos publications, en particulier à propos des figures cinétiques de l'ascaride du chien (3), que la nucléine peut se localiser à divers endroits ou sur les bords de son étui, et lui donner l'aspect d'un bâtonnet en voie de division transversale ou longitudinale. Tous les éléments de la couronne étant égaux et placés au même niveau, le retrait pourrait s'y faire d'une manière uniforme; de là la régularité de la bande hyaline centrale. Il serait difficile d'ailleurs de s'assurer si le cordon hyalin qui relie les moitiés appartient uniquement au fuseau, ou s'il ne représente pas également les parois de l'étui revenues sur elles-mêmes.

La plupart des phénomènes subséquents s'expliquent aisément à l'aide d'une division longitudinale. Dans les FIG. **22** et **44** la division longitudinale est commencée, pour s'achever dans les FIG. **21** et **24**, x et y. Ensuite les demi-bâtonnets, d'abord juxtaposés suivant leur longueur, se séparent et se met-

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 335

(2) *La vésicule*, etc., *chez divers nématodes*, p. 54.

(3) *La vésicule germinative* etc., *chez divers nématodes*, p. 45.

tent en mouvement de part et d'autre de la ligne équatoriale, pendant que la nucléine, soit à cause de la contraction FIG. **43**.*L*, **48**, soit à cause de l'étirement du bâtonnet FIG. **46**, vient combler l'espace hyalin qui reliait les deux lobes. Les FIG. **3**, **4**, **26**, **43**.*L*, **46**, **48** et **49**, qui marquent la dislocation de la couronne et l'ascension vers les pôles, s'expliqueraient ainsi avec facilité.

Si l'on ne rencontrait pas d'autres figures cette interprétation pourrait suffir. Mais il en existe de deux autres catégories, ce sont : d'une part les FIG. **28** et **29**, et de l'autre les FIG. **27** et **52**. Ces figures se concilient difficilement avec cette hypothèse; elles sont plutôt de nature à faire admettre la coexistence des deux modes de division au sein de la couronne.

b) Les FIG. **28** et **29** ne sont pas rares, surtout chez l'*Ascaris clavata*. Sur la FIG. **29**, on voit encore, en z, deux bâtonnets géminés qui ont conservé leur position équatoriale, comme dans les FIG. **18**, **20**, **23**.*L*, etc., tandis que les moitiés des autres bâtonnets se sont avancées vers les pôles. Aucun d'eux ne porte encore d'ailleurs la moindre trace de division longitudinale; il en est de même de ceux de la FIG. **28**, qui représente à peu près le stade des couronnes polaires. Ces sortes d'images plaident en faveur d'une division transversale. Dans l'hypothèse d'une division longitudinale, on devrait supposer que chacune des moitiés parallèles de y FIG. **24**, par exemple, se replie sur elle-même, de façon à ce que ses deux extrémités nucléiniennes soient exactement juxtaposées et tellement serrées qu'elles paraissent confondues en un seul bâtonnet; en outre, que ces nouveaux éléments viennent se placer mathématiquement l'un au-dessus de l'autre, de part et d'autre de la ligne équatoriale, pour produire une image identique à la FIG. **18**, **41**.*L*, etc., sans que jamais l'un d'eux ne trahisse sa dualité jusqu'au sein de la couronne polaire, et cela dans toutes les figures semblables! Ce sont là, il faut l'avouer, des choses bien compliquées, et difficiles à admettre.

Les FIG. **27** et **52** ne sont pas moins instructives. Ces figures, avons-nous dit, renferment le double en nombre des bâtonnets contenus dans les figures ordinaires; il y a donc eu une double division complète à l'équateur. Or, si nous rapprochons ces images des FIG. **21** et **24**, nous acquerrons la conviction que cette division a été à la fois transversale et longitudinale. On voit en effet sur la première de ces figures, en x, que chaque moitié, située de part et d'autre de la bande hyaline transversale, s'est divisée longitudinalement en deux bâtonnets bien distincts, un peu allongés et bilobés comme ceux de la FIG. **27**. Il en est de même en y de la FIG. **24**, seulement les bâtonnets jumeaux sont restés droits et homogènes, identiques à ceux de la FIG. **52**. Nul doute,

semble-il, que les FIG. **27** et **52** ne dérivent des premières par la séparation des deux paires de demi-bâtonnets jumeaux.

Ainsi, d'après cette explication, chacun des éléments de la couronne équatoriale de la FIG. **17** donnerait naissance à quatre bâtonnets par deux divisions croisées : une transversale d'abord, une longitudinale ensuite. Pour interpréter les figures précédentes, les partisans d'une division longitudinale unique seraient forcés, semble-t-il, à admettre également deux divisions : après la division longitudinale, il faudrait faire intervenir une division transversale pour isoler les deux lobes des bâtonnets jumeaux dans leur partie hyaline (1). La première interprétation est beaucoup plus simple et plus conforme à la marche des faits.

c) Cette interprétation rend compte d'ailleurs, avec la plus grande facilité, de toutes les autres images équatoriales.

Dans les FIG. **22** et **44** la division longitudinale est encore incomplète. Les bâtonnets s'ouvrent en deux moitiés qui restent unies d'un côté, au lieu de se séparer entièrement comme dans les FIG. **21** et **24**, x et y, que nous venons d'analyser. Lorsque l'ascension polaire doit s'effectuer, tous les éléments de la couronne prennent la forme de bâtonnets droits ou arqués, placés dans toutes les directions, la plupart obliquement par rapport à l'axe du fuseau. Mais à mesure qu'ils se détendent, grâce à l'écartement toujours croissant de leurs moitiés, ils s'infléchissent de plus en plus vers l'axe du fuseau et deviennent parallèles à cet axe. D'où il résulte que les deux demi-bâtonnets trapus, issus par division transversale d'un bâtonnet primitif de la couronne FIG. **18**, jusque là superposés FIG. **22** et **44**, deviennent latéraux et parallèles, en même temps qu'ils prennent la forme de bâtonnets allongés et le plus souvent bilobés FIG. **46**, **48**, **43**.*L*. On voit encore sur plusieurs de ces figures des bâtonnets qui ne sont pas entièrement ouverts, ou amenés au parallélisme complet.

L'explication de la FIG. **25** est maintenant facile. Trois groupes de bâtonnets sont restés en retard à l'équateur, lors de l'ascension polaire. Dans celui du milieu, y, les deux demi-bâtonnets ne se sont pas encore rectifiés; tandis que, dans les groupes de droite et de gauche, ce phénomène a eu lieu : les bâtonnets superposés de y se sont détendus en glissant l'un sur l'autre, pour ainsi dire, et sont venus se placer côte à côte. Sans avoir suivi la marche des phénomènes, on croirait avoir affaire dans cette figure à une simple division longitudinale.

(1) A peu près à la façon décrite dans le passage reproduit plus haut, p. 263.

Ainsi, dans les exemples précédents, il y a également deux divisions au sein de la couronne; mais l'une d'elles, la division longitudinale, demeure incomplète, les deux moitiés qui en résultent restant unies pour former un seul bâtonnet uniforme ou bilobé.

d) Les phénomènes que nous venons de décrire en dernier lieu nous ont paru fréquents chez l'*Ascaris clavata*; ils le sont moins chez l'*Ascaris lombricoïdes*, FIG. **43**.*L*. Mais ils peuvent faire défaut, en partie du moins, chez l'une et l'autre espèce. Nous avons dit en effet, en expliquant les FIG. **20** et **45**, **13**.L^1 et L^2, que les images cinétiques disparaissaient parfois avant la dislocation de la couronne; celle-ci se maintient alors dans l'état où elle se trouve sur la FIG. **13**.L^2; on la voit environnée de toutes parts par le cytoplasme. Assez souvent les couronnes ainsi enveloppées présentent l'aspect des FIG. **45**, **41**.*L*, **20**, **18**, — en supposant naturellement que ces figures soient arrivées à l'étape de la FIG. **13**.L^2, ou plus resserrées encore, — c'est-à-dire que la division transversale y est seule nettement indiquée. Mais on rencontre aussi fréquemment des figures semblablement rétractées dont les bâtonnets sont marqués d'un espace hyalin FIG **13**.L^1 et L^2, ou déjà ouverts comme dans les FIG. **22** et **44**, ou **24** et **21**. A mesure que le retrait de la figure s'accentue, tous les éléments se déplacent et se pressent, et il devient impossible de dire ce qu'ils deviennent au sein de l'espèce de noyau qui en résulte. Nous croyons cependant que la division longitudinale incomplète s'y effectue, et cela pour deux raisons : *a*) parce que nous avons rencontré plusieurs fois des figures analogues à la FIG. **51**, mais dont les rangées de bâtonnets étaient encore beaucoup plus rapprochées : on peut les interpréter en disant que les éléments de la FIG. **13**.L^2 se sont ouverts et changés en bâtonnets bilobés. *b*) A part les deux exceptions mentionnées à la p. 261, nous n'avons pas remarqué, au moment de la formation des globules polaires, d'autres figures que les FIG. **11** et **12** ou **33** à **35**, dans lesquelles les bâtonnets minces et plus ou moins bilobés sont reconnaissables. Les phénomènes de la dislocation de ces couronnes enserrées seraient donc identiques à ceux des autres couronnes, à part cette circonstance que le mouvement de leurs éléments et l'ascension vers les pôles sont nécessairement supprimés.

De l'exposition et de la discussion des faits qui se présentent dans la couronne équatoriale de nos ascarides, principalement de l'ascaride des gadoïdes, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Il y a généralement deux divisions qui interviennent à l'équateur.

La première est transversale; elle s'achève probablement toujours, soit avant, soit plus rarement après la résolution de la figure cinétique.

La seconde est longitudinale. Habituellement elle s'indique sur la figure et s'y exécute d'une manière incomplète; elle s'y achève par exception; parfois enfin elle est retardée jusqu'au moment de l'expulsion du globule.

L'ascension polaire existe, mais elle peut faire aussi défaut.

On trouve à la fois chez le même individu toutes les variations que nous venons de mentionner.

Ces résultats concordent dans leur ensemble avec ceux que nous ont offerts les cinèses de l'ophiostome; ils en diffèrent cependant en quelques points. Chez l'ophiostome nous n'avons pas observé d'ascension vers les pôles; les globules peuvent se former, quoique rarement, avant l'achèvement de la division transversale; la division longitudinale s'indique à l'équateur, mais elle ne s'exécute que plus tard, assez souvent après l'expulsion du globule polaire.

3° Arrivons aux faits qui concernent l'élimination des globules polaires. A la formation des globules se rattache intimement la disparition ou la rétraction de la figure cinétique; nous ne séparerons pas ces deux phénomènes.

a) On se rappelle les FIG. **7**, **8** et **9**. Elles prouvent à l'évidence que la plaque cellulaire s'établit dans le fuseau cinétique et que, par conséquent, la division polaire est une division ordinaire et typique. Car la présence des grands asters au sommet des couronnes et jusque dans le globule polaire lui-même rend tout doute impossible sur la signification de ces figures; c'est là un point de la plus haute importance.

b) Malheureusement ces figures sont loin d'être communes; dans nos préparations elles constituaient au contraire une rare exception, aussi bien à la première cinèse qu'à la seconde; nous avons pris soin de le faire remarquer dans notre exposition en soulignant les cas observés. N'oublions pas d'ailleurs que dans la FIG. **7** le fuseau est déjà en dislocation. Sur tous les autres œufs, où l'ascension polaire avait eu lieu à la suite de la division longitudinale, les choses se passaient autrement. La figure entre d'abord en résolution. Habituellement les filaments du fuseau s'effacent à l'équateur, FIG. **6**, et la figure se scinde en deux; puis les deux couronnes se rapprochent et finissent le plus souvent par se juxtaposer, FIG. **10** et **10'**. Peu à peu les asters eux mêmes disparaissent, et les masses nucléiniennes se retrouvent à nu dans le cytoplasme ovulaire, ainsi qu'on le voit sur les FIG. **12** et **33***a*. Enfin la plaque cellulaire qui s'établit dans le fuseau de séparation, souvent très réduit, vient isoler une des deux couronnes avec le globule polaire, FIG. **12**, **34** et **35**. Notons cependant que sur plusieurs figures de la première préparation et

sur toutes celles de la troisième, FIG. **54** à **57**, le liséré périphérique, que l'on peut identifier avec la membrane de la vésicule germinative, persiste durant la cinèse. En se contractant à mesure que la figure disparaît, FIG. **32**, il rapproche les couronnes, au point parfois d'en faire un corps unique et comparable à un noyau, FIG **33***b* et *c*. Ce corps subit le même sort que les couronnes libres, lors de la formation du globule; seulement le liséré membranoïde entoure encore souvent le fuseau de séparation, ainsi que la portion qui reste dans l'œuf. Ces phénomènes ont été décrits longuement dans un travail antérieur à propos de l'ascaride du porc et de l'ophiostome de l'oreillard.

c) Mais, nous le savons, le retour vers les pôles n'est pas constant. Le plus souvent alors la résolution du fuseau commence aux deux pôles, FIG. **20** et **45**, et marche vers l'équateur; en même temps la figure diminue de volume jusqu'à ne plus présenter que les dimensions des masses nucléiniennes, ainsi qu'il a été dit plus haut, p. 267, *d*). Dans ce cas également, le fuseau de séparation est assez souvent entouré d'une membranule; cependant celle-ci peut se dissoudre comme le reste de la figure, avant la formation du fuseau de séparation, FIG. **33**,*a*.

d) Nous avons souvent mentionné l'existence de ce dernier fuseau; il se rencontre en effet chez tous les nématodes que nous avons étudiés, cela n'est point douteux pour nous. Mais il s'y développe à divers degrés et y est plus ou moins reconnaissable. Chez l'ascaride des gadoïdes et celui du porc, dans lesquels nous venons de constater la formation des globules au milieu du premier fuseau, ou fuseau cinétique, on pourrait se demander si notre fuseau de séparation ne doit pas être identifié avec ce dernier.

La distinction de ces deux fuseaux n'est en effet pas toujours des plus faciles. Pour les discerner, il faut tenir compte de tous les caractères ou phénomènes présentés par les diverses figures qui se rencontrent dans un animal. Quelques exemples feront comprendre notre pensée.

Considérons d'abord les images de la seconde préparation. En comparant les FIG. **2** à **9**, il est aisé de se convaincre que la division polaire se fait au sein du fuseau primitif, tant la ressemblance entre toutes ces images est parfaite; la présence des asters achèverait au besoin la démonstration. Mais à côté de ces images, il existait pour les deux globules une longue série de figures beaucoup plus nombreuses, représentées par les FIG. **10** à **12**, **32** à **35**, et reliées par une foule d'intermédiaires. Ces images prouvent sans conteste que la figure cinétique elle-même s'altère, à commencer par le fuseau, jusqu'à disparaître totalement; elles prouvent en outre que les couronnes

libérées et rapprochées peuvent s'éloigner en restant unies par un nouveau et mince fuseau, d'autant plus accentué que l'œuf se bombe et lui permet de se développer davantage (1).

L'étude des images de la première et de la troisième préparation conduit à la même conclusion. En général le fuseau cinétique s'efface à mesure que la figure se contracte; avant que le retrait ne soit complet, on n'en découvre déjà plus de traces sur beaucoup d'œufs. Mais lorsque la figure s'est rétrécie au point de simuler un noyau par l'entassement de ses bâtonnets, ainsi que nous l'avons dit tant de fois, où serait le fuseau? Les éléments nucléiniens sont alors plongés dans un caryoplasma ordinaire; morphologiquement parlant, le fuseau cinétique a disparu. Il en résulte que le fuseau qui relie les deux amas nucléiniens, lors de la division polaire, est de nouvelle formation et remplace l'ancien.

Or, du moment que l'existence de ce fuseau doit être admise, même chez les espèces où la séparation polaire se marque sur certains œufs dans le fuseau originel, aussi bien que chez les autres, et cela en même temps et dans le même animal, il est évident que l'on ne pourra se prononcer sur la nature d'un fuseau polaire que l'on aurait sous les yeux, avant d'avoir fait l'examen attentif des préparations, afin de saisir les caractères des figures et des asters, constater leur résolution ou les changements qui s'y produisent, etc.

Cet examen n'est pas même suffisant pour pouvoir se prononcer dans tous les cas. Car, alors même que l'on a constaté l'existence de la division équatoriale et de l'ascension polaire sur beaucoup d'œufs de la préparation, FIG. **28** à **30** par exemple, le doute est encore permis. En effet *a*) ces phénomènes, surtout le dernier, peuvent faire défaut sur d'autres œufs, *b*) le fuseau de filaments connectifs qui relie les couronnes, même lorsqu'il est puissant, FIG. **3** à **8**, peut s'évanouir très tôt et rapidement.

La FIG. **31** est une de ces figures douteuses. Certes, elle a une très grande ressemblance avec ses voisines, FIG. **29** et **30**, par son ampleur, son fuseau et ses couronnes; de ce chef on pourrait dire que la bande sombre qui la traverse représente la plaque cellulaire et que, par conséquent, la division va se faire dans le fuseau primitif. Mais d'un autre côté si nous rapprochons cette figure des FIG. **45**, **13** L^2 et **51**, nous arrivons avec autant

(1) BOVERI : l. c., nous l'avons déjà fait remarquer, ne paraît pas avoir eu connaissance de la disparition des figures chez l'ascaride lombricoïde, ni par conséquent des faits qui ont donné lieu à cette discution. Sa conclusion générale : que la division polaire se ferait toujours dans le fuseau de la figure cinétique, est donc dépourvue de valeur probante.

de probabilité à une conclusion tout opposée. Après la disparition totale de la figure cinétique, les bâtonnets de la FIG. **13**.L^2; venant à s'ouvrir, donneront naissance à deux rangées de bâtonnets bilobés, presque contiguës, lesquelles en s'éloignant au moment de la séparation du globule, prendront l'aspect de la FIG. **51**, et finalement celui de la FIG. **31**. Dans cette hypothèse, le fuseau de cette dernière serait de récente formation. Ces deux interprétations s'appuient également sur des faits observés chez le même individu. L'existence simultanée dans une même préparation — conséquemment dans un même ovaire à un instant donné — de la division au milieu du fuseau cinétique et de la disparition des figures avant toute trace de division complique singulièrement les phénomènes, et rend difficile l'interprétation de certaines figures.

En résumé, la séparation des globules polaires se fait de diverses manières, chez nos deux *Ascaris* :

Dans le fuseau cinétique, avant la disparition de la figure; les exemples de cette division étaient rares.

Dans un second fuseau, le fuseau de séparation, plus ou moins développé, parfois indistinct, entouré ou non de la membrane nucléaire, ou membrane limitante de la figure.

Ces divers modes se rencontraient à la fois dans la même préparation, c'est-à-dire chez le même individu.

4° L'interprétation que nous avons donnée des figures du premier globule s'applique de tous points à celles du second; nous les avons du reste comprises dans la discussion précédente. Arrêtons-nous seulement un instant au premier stade de leur formation.

a) Après l'expulsion du globule, il reste dans l'œuf 24 moitiés des 24 bâtonnets de la première figure, ouvertes en forme de bâtonnets allongés et généralement bilobés. Ces bâtonnets le plus souvent sont jetés sans ordre apparent; cependant chez l'*Ascaris clavata* on trouve des couronnes polaires assez bien conservées à l'intérieur de l'œuf : témoin la FIG. **36**,n^2, dans laquelle les bâtonnets, vus de profil, sont disposés parallèlement les uns aux autres. Quelle que soit leur distribution, ils sont plongés dans un plasma hyalin qu'un liséré membranoïde sépare du cytoplasme granuleux, FIG. **9**, **36** et **37**. L'origine de cette membrane est diverse.

Considérons d'abord la FIG. **9**; elle fait suite à la FIG. **7**. La couronne restée dans l'œuf, n^2, s'est reconstituée en noyau véritable muni d'une membrane, ainsi que cela a lieu à l'issue de la cinèse typique. Il est possible

que le même phénomène se soit présenté sur les deux autres figures : FIG. **36** et **37**. Mais il se peut aussi que ces noyaux apparents aient pris naissance à la façon qui a été décrite antérieurement chez l'ascaride lombricoïde et l'ophiostome (1). Nous avons vu en effet que dans les FIG. **11** et **33***b* et *c*, par exemple, la membrane de la vésicule, ou la membrane limitante de la première figure cinétique, persiste autour des couronnes rapprochées, et est coupée par la plaque cellulaire pendant la division polaire; la moité intérieure de l'ancienne membrane continue donc à entourer l'amas de bâtonnets qui est maintenu dans l'œuf, et qui sert de point de départ à la seconde figure. Cette origine, dans certains cas, n'est pas douteuse, surtout chez l'ascaride lombricoïde (2).

Que l'on veuille bien d'ailleurs ne pas se méprendre sur notre pensée. A propos de cette couche limitante, nous dirons ce que MOHL disait à SCHLEIDEN, en parlant de sa membrane primordiale : ne faisons pas de la chose une question de mots. Que le liséré qui se voit à la périphérie de certaines figures, ou des groupes nucléiniens restés dans l'œuf, ait appartenu en propre à la vésicule germinative, ou bien qu'il soit une simple dépendance du cytoplasme, il n'en existe pas moins. Dans bien des cas, il constitue une membranule aussi tranchée, parfois plus épaisse que la membrane nucléaire primitive, et sépare nettement la figure du reste de l'œuf; c'est là surtout ce que nous voulons affirmer.

b) Quoi qu'il en soit, les 24 bâtonnets eux-mêmes demeurent tout à fait indépendants chez l'*Ascaris clavata*. Nous avons constaté plusieurs fois ce détail avec certitude, FIG. **36** et **37**. Nous n'avons pas été aussi heureux pour l'*Ascaris lombricoïdes*, mais on pourrait admettre par analogie qu'ils restent aussi séparés.

Pendant que la figure se forme et se développe les bâtonnets viennent se ranger à l'équateur; ils sont souvent plus minces, plus allongés et comme étirés sur les filaments du fuseau, à peu près comme dans la FIG. **16**; finalement ils reprennent la forme bilobée dans les couronnes équatoriales des FIG. **38** et **39**. Alors survient la division transversale, ainsi que tous les autres phénomènes qui ont été suffisamment discutés plus haut.

---

(1) L. c., PL. VII, FIG 188, 198, 208, 209, 224 à 228, etc.

(2) BOVERI, l. c, affirme que le noyau se reconstitue. Cela peut avoir lieu lorsque la division se fait dans le fuseau originel; mais dans les autres cas, qui sont les plus fréquents, d'après nos observations, nous croyons plutôt que la membrane nucléaire dérive de la membrane antérieure qui enveloppait la figure, et n'est pas de récente formation.

5° Il nous reste une seule question à élucider. Comment convient-il d'envisager la division équatoriale transversale?

Nous nous sommes déjà posé cette question en cherchant à interpréter les phénomènes qui se marquent dans la couronne équatoriale de l'ophiostome, et qui sont, en beaucoup de points, semblables à ceux de l'*Ascaris clavata*. Nous nous sommes demandé alors: » Est-elle en réalité une division » transversale, comme toutes les apparences semblent l'indiquer, ou bien » n'est-elle que l'achèvement d'une division longitudinale antérieure? «

Cette question nous avait été suggérée par l'observation des faits. » En voyant, disions-nous, la division longitudinale se marquer à l'équateur » de la première cinèse, FIG. **186**, et s'accentuer pendant la formation du » premier globule, FIG. **187**, nous pensions que, aussitôt après l'expulsion » de ce dernier, les moitiés des six bâtonnets restés dans l'œuf se séparaient » à une extrémité, en demeurant rattachés par l'autre, comme cela se voit » dans certaines divisions équatoriales. Le fuseau se formant en même » temps, les deux moitiés, encore retenues l'une à l'autre, auraient été » étendues sur les filaments, sous la forme d'un tronçon unique. Telle » aurait été l'origine, assez compliquée d'ailleurs, des FIG. **191** et **192**, et » la division transversale n'eût été qu'apparente; elle se serait réduite à la » séparation définitive des deux moitiés issues d'une division longitudinale » antérieure (1). «

Un seul fait nous a d'ailleurs empêché d'accepter cette explication : l'achèvement de la division longitudinale, que nous avons cru remarquer chez l'ophiostome avant la formation de la seconde figure (2).

Mais, nous le savons, cette division ne s'achève pas chez l'*Ascaris clavata*; on peut admettre par analogie qu'il en est ainsi également chez l'*Ascaris lombricoïdes*. Les moitiés des 24 bâtonnets ouverts des FIG. **36** et **37** ne se séparent pas à l'étape n^2; elles restent unies jusqu'à la phase équatoriale, et c'est alors seulement que leur scission transversale se produit. Si nous avons bien interprété les faits qui se manifestent au sein de la couronne, on *peut* donc considérer la segmentation transversale comme le complément d'une division longitudinale antérieure.

On se souvient que nous avons admis également la *possibilité* de cette interprétation pour la première figure cinétique (3).

(1) L. c., p. 34 et 35.

(2) Nous nous permettons de renvoyer à notre mémoire le lecteur désireux d'avoir de plus amples détails sur ce point.

(3) Voir plus haut, p. 263.

III.

Normalité des figures.

On conçoit que la singularité et la mobilité des figures cinétiques chez les nématodes nous aient vivement intrigué. Déjà dans le cours de nos recherches sur l'*Ascaris megalocephala*, nous nous étions demandé bien des fois si les faits que nous constations étaient normaux. Pour nous en assurer, nous avons traité les œufs par les méthodes les plus diverses, et nous avons pris soin de nous servir de matériaux vivants et aussi frais que possible.

I. Méthodes.

Tantôt les œufs ont été exposés à l'action du gaz sulfureux, aux vapeurs d'acide osmique, de brome, voire même d'acide fluorhydrique ; tantôt ils ont été traités par l'acide nitrique dilué et l'alcool, l'alcool seul, l'alcool renfermant près de 200 fois son volume d'anhydride sulfureux, différentes liqueurs au sublimé corrosif, etc., enfin ils ont été soumis à l'action de l'eau bouillante, de l'alcool chaud et dilué à divers degrés.

Ces méthodes ont été appliquées sur les œufs du porte-objets, ou sur l'ovaire lui-même, extrait de l'animal vivant.

a) Les résultats généraux de ces essais sur l'ascaride du cheval furent les suivants :

1° On obtient sensiblement les mêmes figures avec tous ces réactifs, lorsqu'ils sont appliqués sur les œufs d'un même animal ;

2° Avec des ascarides différents, on peut obtenir des figures différentes : les unes sont petites et rétrécies (1), les autres sont amples et largement ouvertes; ici le fuseau est concavo-convexe, là il est droit et ressemble à un fuseau ordinaire ; tantôt les figures restent entières, tantôt la plupart d'entre elles se rupturent ou se brisent.

Ces faits se constatent sur des ascarides provenant du même hôte, aussi bien que sur ceux qui sont hébergés par des animaux différents, et ayant vécu dans diverses localités.

3° Les œufs, du moins ceux qui sont à l'étape du premier globule, sont tués en peu de temps par plusieurs des méthodes précitées : traitement par l'acide fluorhydrique ou le brome, par le gaz sulfureux et l'alcool, l'acétone ou l'alcool sulfureux, enfin l'eau ou l'alcool bouillant.

(1) Ces figures ont été décrites dans notre mémoire sur l'*Ascaris megalocephala*, p. 27.

4° Les premières de ces méthodes conservent bien les œufs et les figures; la dernière, au contraire, c'est-à-dire l'ébullition même modérée dans l'eau ou l'alcool, les altère sensiblement. Les œufs, lorsqu'ils ne crèvent pas, se remplissent alors de masses volumineuses assez opaques, provenant de la fusion et de la coagulation des plaques vitellines; les figures et les asters se ratatinent, ou du moins se déforment. Quant à l'élément nucléinien, il subit lui-même des changements notables. Assez souvent la nucléine se scinde en masses isolées à l'intérieur des bâtonnets, mais elle s'accumule surtout à leurs extrémités; les éléments simulent alors deux bâtonnets distincts et séparés par un espace hyalin (1). Néanmoins, on trouve dans les préparations des figures qui sont mieux respectées et, en les rapprochant l'une de l'autre, on acquiert la conviction qu'elles étaient identiques à celles que fournissent les autres méthodes. Ainsi, par exemple, à côté de globules polaires renfermant des masses nucléiniennes plus petites et plus nombreuses, on en trouvera d'autres avec quatre bâtonnets homogènes et bien distincts; on rencontrera également des figures ouvertes à divers degrés, dont l'un ou l'autre groupe nucléinien présente des bâtonnets homogènes, au milieu d'autres qui paraissent coupés transversalement, ou dont les têtes sont rattachées par des traînées irrégulières de nucléine, etc., etc. Par cette méthode les œufs sont sûrement tués; elle peut donc servir de contrôle, et nous l'avons employée à diverses reprises dans ce but, avant la publication de notre mémoire sur l'*Ascaris megalocephala*.

A la même époque, Gilson a bien voulu nous faire quelques séries de préparations à l'acide fluorhydrique et au brome. Ces réactifs nous ont paru momifier instantanément les œufs et les durcir fortement. C'est sur une de ces préparations, colorées au carmin, que nous avons distingué pour la première fois les figures rupturées. Les figures ouvertes encores intactes y étaient également bien conservées, et les bâtonnets nucléiniens uniformément colorés et d'une grande netteté. Ces deux traitements, d'une application désagréable et qui n'est pas sans danger, nous ont servi également de contrôle, pour apprécier la fidélité des images obtenues par l'alcool sulfureux et, plus tard, par l'alcool acétique.

b) Tous les autres nématodes nous ont fourni des résultats analogues. Il y en a du reste parmi eux dont les œufs sont tués avec la plus grande

(1) Voir plus haut, p. 264. — Ces phénomènes s'observent aussi çà et là avec d'autres réactifs, sur le porte-objets. Nous avons remarqué souvent le retrait de la nucléine lorsque les ovaires sont plongés en entier dans l'alcool ou dans l'alcool sulfureux; dans le cas où les huit bâtonnets des figures sont placés côte à côte, et les deux groupes peu éloignés, on croirait avoir affaire à une division équatoriale transversale.

facilité : tels sont le filaroïde du putois et l'ophiostome de l'oreillard; la membrane ovulaire y reste en effet toujours mince, même à l'époque de la sortie du second globule et de la segmentation. D'autres, comme la spiroptère et la coronille, ont des œufs dépourvus d'enclaves volumineuses, et beaucoup plus transparents; on réussit à en faire de bonnes préparations en les exposant aux vapeurs d'acide osmique qui les tue, sans les noircir outre mesure, et permet aux réactifs colorants d'y pénétrer presqu'immédiatement. Les figures que l'on obtient de la sorte sur la spiroptère sont légèrement dimidiées, et tellement identiques à celles que fournissent les autres procédés, que nous n'avons jamais pu y saisir le moindre caractère différentiel. Les grands asters surnuméraires, — *ap* de nos figures, PL. V —, en particulier, y étaient parfaitement développés.

c) Notre attention fut de nouveau appelée sur la normalité des figures par la publication de la première partie du travail des frères HERTWIG, sur le développement des œufs de l'oursin dans l'eau additionnée d'une minime quantité de substances nocives : hydrate de chloral, quinine, etc. (1). En parcourant les planches de ce mémoire, on est frappé de la ressemblance de certaines figures avec celles que nous avions publiées de l'*Ascaris megatocephala*, surtout en ce qui concerne les asters surnuméraires (2). C'est pourquoi nous avons cru utile de faire quelques nouvelles séries de préparations en vue de la présente conférence. Deux lots d'ascarides, provenant l'un d'un cheval, l'autre d'un bœuf, ont été utilisés environ 4 à 6 heures après la mort de leur hôte. On a surtout pris soin de faire passer et repasser l'alcool sulfureux, l'acétone renfermant jusqu'à 400 fois son volume du même gaz, et l'alcool acétique (3) sur les œufs du porte-objets, jusqu'à ce qu'ils soient tués, et colorés, séance tenante, par le vert de méthyle, etc. La description qu'on a lue plus haut (4) des 12 préparations, qui ont été exhibées devant la société belge de Microscopie, montre à quels résultats nous sommes arrivé : les nouvelles images étaient fondamentalement identiques à celles que nous avions obtenues antérieurement. Nous devons dire toutefois que la plupart des figures, quoique nettement dimidiées, étaient moins ouvertes, et pauvres en petits asters surnuméraires; mais ce sont là des différences d'ordre tout à fait secondaire, et qu'il faut plutôt considérer, ainsi que nous

(1) O. u. R. HERTWIG : *Ueber d. Befruchtungs- und Theilungsvorgang d. tier. Eies unter d. Einfluss äusserer Agentien;* Jenai. Zeitsch , B. XX, 8 janvier 1887, p. 120.

(2) Voir plus haut, p 230.

(3) Alcool = 6 vol.; acide acétique = 1 vol.; chloroforme = 3 vol. Nous avons remarqué que l'addition du chloroforme rend l'action du réactif beaucoup plus rapide.

(4) Ci-devant, p. 234 à 238.

l'avons déjà fait remarquer dans notre premier mémoire, comme des différences individuelles; il serait difficile en effet de trouver deux ascarides qui ont absolument les mêmes figures quant aux détails accessoires.

Sur deux individus provenant du bœuf, nous avons observé une particularité que nous n'avions pas encore constatée. Les deux tubes ovariques de chacun d'eux avaient des figures fort différentes. Dans l'un, tous les œufs en première cinèse, sur 10 à 12 porte-objets, portaient des figures très petites et fort rétrécies; dans l'autre, on ne trouvait que d'amples figures, munies de grands asters primaires et tertiaires. Nous relevons ce fait, car il prouve que les variations sont inhérentes aux œufs pendant leur séjour dans l'ovaire : toutes les préparations, au nombre de plus de 40, ayant été faites en même temps, et traitées exactement de la même manière et avec les mêmes soins, à l'aide d'un même réactif, l'alcool acétique.

Telle est d'ailleurs la conclusion générale qui se dégage des essais et des observations mentionnées dans ce paragraphe.

d) C'est également dans le but de nous éclairer sur la nature et le caractère des figures cinétiques que nous avons entrepris nos nouvelles recherches sur l'ascaride du porc et celui des gadoïdes, dans les conditions particulières qui ont été détaillées plus haut, p. 248 et 257. Plusieurs nématodes bien vivants, extraits ensemble du même animal ont été sacrifiés en même temps; leurs œufs, rapidement dissociés dans leur liquide naturel ont été traités absolument de la même manière par les mêmes réactifs. Chez l'*Ascaris clavata*, pour qu'aucune figure n'échappât à l'observation dans les trois individus mis en expérience, on a dissocié sur un seul porte-objets, toute la portion ovarique de chacun, contenant les œufs en cinèse. Nous avons cru nous placer ainsi dans les meilleures conditions pour atteindre notre but.

Le lecteur connaît les résultats qui ont été obtenus.

1° Chez l'ascaride du porc, les deux individus jeunes avaient de grandes figures, libres dans le cytoplasme et munies d'amples asters primaires ou même tertiaires; dans les deux autres, plus agés, les figures, moins développées, étaient pour la plupart dépourvues d'asters et entourées d'un liséré membranoïde.

Il eut été intéressant de s'assurer si ces différences se présentaient uniformément sur tous les ascarides jeunes, et sur tous ceux de taille moyenne. Malheureusement le loisir nous a manqué pour les sacrifier en même temps que les premiers. Nous devons donc nous contenter de signaler le fait observé. Il peut n'être qu'accidentel, mais il pourrait aussi faire soupçonner une certaine influence exercée par l'âge sur les figures des œufs. Ce qu'il importe

de noter dès à présent, c'est ceci : des individus placés dans des conditions de vie identiques présentent des divergences assez notables dans les détails cinétiques.

2° Dans l'ascaride du cabillaud, les mêmes différences sont plus nettement accusées encore, sur les trois préparations; la dernière ne montre plus que des figures ébauchées, pour ainsi dire, à l'intérieur de la vésicule germinative.

Quant aux autres nématodes qui se trouvaient en même temps dans le cabillaud d'où provenaient les trois premières préparations, ils présentaient les mêmes variations; deux étaient à petites figures, cinq ou six à figures très amples, semblables à celle de la deuxième préparation; mais, chez la plupart, les figures de la première préparation étaient de loin les plus communes.

Ainsi, dans les deux séries d'expériences, on rencontre des variations qu'il est impossible de rattacher à l'action des réactifs, c'est-à-dire des variations individuelles, principalement en ce qui concerne le développement des figures, la présence et l'étendue des asters, etc.

3° Ce n'est point tout. Nous avons signalé, dans le cours de nos descriptions, d'autres variations dans l'aspect et la facture générale des figures, d'individu à individu. En effet, dans chacune des préparations provenant du même ascaride, on trouve de grandes différences dans la marche des phénomènes cinétiques eux-mêmes, surtout à partir de la phase équatoriale. A chacune des cinèses, sur certaines figures les deux divisions s'achèvent à l'équateur, le retour vers les pôles s'effectue à l'habitude et les couronnes polaires, bien ordonnées et distancées sont reliées, par un fuseau connectif puissant. Sur d'autres, la couronne est stationnaire, du moins jusqu'à l'effacement complet de la figure. Ces deux termes extrêmes sont reliés par des intermédiaires. La division polaire a lieu, tantôt dans la figure primitive, tantôt après la résolution de cette dernière ou sa rétraction sous forme de noyau, etc., etc. Tous ces détails ont été suffisamment indiqués et discutés dans les pages qui précèdent. La conclusion qui en découle est évidente : ces variations sont inhérentes aux œufs qui les présentent. Car elles se voient côte à côte dans le même ovaire, vidé en entier sur un porte-objets, et dont tous les œufs, conséquemment, ont été traités à la fois et de la même manière par les réactifs fixateurs et colorants.

Il y a donc des variations individuelles, dont les causes nous demeurent encore inconnues. Ne pourrait-on pas admettre que le liquide ovarique, dans lequel vivent les œufs, varie d'une quantité, aussi minime que l'on voudra,

dans sa composition chimique, d'un animal à l'autre, et même d'un tube ou d'un endroit à l'autre, surtout au point de vue des principes de désassimilation qui peuvent s'y trouver. Ensuite la composition chimique des œufs est-elle invariable? Chaque œuf vivant pour son propre compte, on peut croire que non. Or, les expériences de O. et R. Hertwig prouvent suffisamment que de minimes quantités d'alcaloïdes et d'autres principes chimiques exercent une influence considérable sur les phénomènes cinétiques. N'en serait-il pas de même dans les tissus et les plasmas naturels?

e) D'ailleurs on aurait peut-être tort d'exagérer la nécessité de la mort instantanée des œufs sur le porte-objets, pour pouvoir conclure à la normalité des figures cinétiques.

Nous ne nierons pas que les œufs en figure du second globule, capables de vivre apparemment pendant longtemps dans l'alcool, même additionné de vert de méthyle, puisqu'ils y conservent leur aspect hyalin et n'absorbent pas de matière colorante, nous ne nierons pas, disons-nous, que ces œufs ne puissent subir, comme ceux de l'oursin dans les expériences de R. et O. Hertwig, certaines modifications anormales dans leurs figures : par exemple, dans l'extension ou la multiplication des petits asters, le degré d'ouverture ou la rupture du fuseau en 6 ou 7 branches, etc. (1). Mais la réalité de ces modifications ne nous est point démontrée. Nous trouvons dans nos notes anciennes les deux observations suivantes. L'œuf de la fig. **72**, pl. III, a été suivi sur le porte-objets pendant plus d'un jour; la figure n'avait nullement changé, et aucun aster ne s'était produit dans le cytoplasme transparent, en dehors des asters primaires. Nous avons constaté la même immobilité sur trois images semblables aux fig. **73** et **75**, placées côte à côte dans le champ du microscope; lorsque, après 14 heures, le vert de méthyle y pénétra, leurs énormes fuseaux étaient encore entiers, et les figures ne s'étaient nullement altérées ou résolues. Sans vouloir attacher une trop grande importance à ces observations isolées, il semblerait admissible que, dans ces conditions, les œufs, quoique vivants en apparence, sont cependant immobilisés. En tout cas, elles ne sont pas favorables à l'hypothèse d'une altération pathologique profonde sur le porte-objets, même des parties accessoires des figures cinétiques.

La partie essentielle des figures, tout le monde en convient, est l'élément nucléinien.

(1) Comme dans nos fig. 89 à 92, Pl. IV, par exemple.

Or, une chose nous a vivement frappé pendant nos essais comparatifs à l'aide des réactifs précités, c'est l'immuabilité de cet élément.

Ce fait est surtout frappant chez l'*Ascaris megalocephala*. Dans cette espèce, nous l'avons répété à satiété, on trouve constamment deux groupes de quatre bâtonnets, plus ou moins séparés et distincts, dans la vésicule germinative des œufs mûrs ou non mûrs et dans la première figure, deux groupes de deux bâtonnets dans la seconde figure, quatre bâtonnets dans le premier globule, deux seulement dans le second, ainsi que dans le noyau définitif de l'œuf. Le lecteur voudra bien se rappeler la description de la 12e préparation de notre conférence, p. 238, qui forme pour ainsi dire la synthèse de cinèses polaires de cet ascaride. Ainsi, depuis la scission du boyau pelotonné dans les œufs très jeunes jusqu'à la formation du noyau de conjugaison, les diverses manières d'être de l'élément nucléinien forment comme les anneaux d'une chaîne continue. Supprimer un de ces anneaux, ce serait arrêter ou changer la marche des phénomènes durant les cinèses polaires, car chacune de leurs étapes est une conséquence de l'étape antérieure.

Pour soutenir que nos figures sont pathologiques, il faut soutenir qu'elles le sont toutes. Mais comment admettre que cette longue série de phénomènes : la maturation de l'œuf, la formation successive des deux figures, l'élimination des deux globules, la reconstitution du nouveau noyau se soient exécutés d'une manière anormale dans le liquide du porte-objets en un temps si court? Car, sans aucun doute, avec les méthodes que nous employons les œufs sont tués et colorés en moins d'une heure, soit deux heures au maximum.

Ensuite examinons une préparation tirée d'un endroit déterminé de l'ovaire d'un animal vivant. On trouvera toujours que les figures y sont telles qu'elles doivent être d'après la place qu'elles occupent dans notre série. Les phénomènes antérieurs qui, par hypothèse, ont dû s'*exécuter normalement dans le corps de l'animal*, s'y sont donc déroulés comme sur le porte-objets. Faisons, par exemple, une préparation à l'endroit où les œufs sont en seconde cinèse. Qu'y trouvons-nous invariablement? des figures ouvertes avec deux groupes de deux bâtonnets identiques aux bâtonnets de la vésicule germinative. Quatre de ceux-ci ont donc dû disparaître avec le premier globule; on les y retrouve, du reste, au sommet des œufs. Il n'y a donc pas eu de division, soit transversale soit longitudinale, ni à l'équateur, ni aux pôles, ni pendant l'élimination du premier globule. Car si ce phénomène avait eu lieu, il y aurait nécessairement huit demi-bâtonnets dans la seconde figure. Cette di-

vision ne s'exécute donc pas davantage à l'état normal, ou sur l'animal vivant, qu'au sein des préparations. Cet exemple suffirait à lui seul pour démontrer que les figures cinétiques ne sont nullement modifiées *dans leur élément essentiel*, pendant la vie éventuelle des œufs au milieu des liquides fixateurs du porte-objets.

Pendant que nous mettons la dernière main à la rédaction de ce chapitre, nous recevons la seconde partie du travail de O. et R. Hertwig (1). Nous avons lu avec intérêt les quelques lignes qu'ils ont bien voulu consacrer à nos figures de l'*Ascaris megalocephala*. Ils ne parlent que des asters extra-fusoriaux, que nous avons été le premier à signaler dans le cytoplasme, et ils les regardent comme des phénomènes pathologiques. Ils appuient leur assertion uniquement sur la singularité de nos figures, leur ressemblance avec certaines des leurs, et enfin sur les observations de Boveri, d'après lesquelles les cinèses subiraient des modifications dans le liquide de la préparation.

Ces arguments sont-ils bien convaincants?

Le lecteur en jugera par les pages qui précèdent. Il appréciera les méthodes que nous avons employées pour tuer les œufs à très bref délai, et les résultats qu'elles nous ont fournis. On conçoit que des œufs puissent se développer dans leur milieu naturel, l'eau de mer, additionnée seulement de petites quantités de substances nocives : hydrate de chloral, strychnine, etc., et cela d'une manière plus ou moins anormale, nous le voulons bien; mais on admettrait plus difficilement qu'il en soit de même dans l'acétone ou l'alcool sulfureux, l'alcool acétique additionné de chloroforme, l'acide fluorhydrique, le brome, etc.; il y a un abîme entre ces deux sortes de milieux. Pour songer à assimiler leur influence, il faudrait au moins pouvoir s'appuyer sur des expériences positives. Or, l'expérience parle dans un sens opposé, car nos milieux tuent les œufs, sans leur laisser le temps suffisant pour poursuivre leur développement (2). Qu'on nous permette de le dire, nous

(1) O. et R. Hertwig; Jenais. Zeitsch., B XX, 2e et 3e Heft, 23 mars, 1887, p. 485.

(2) On lira peut être avec intérêt les résultats de quelques essais que nous avons tentés avec divers réactifs sur des larves d'asticot, afin d'amener leur mort. Ces larves, comme on le sait, ont une cuticule très résistante vis-à-vis des agents extérieurs, et peuvent être sous ce rapport comparées, sinon identifiées, aux œufs des nématodes.

Solution très forte d'acide chromique : 15 à 20 heures.

Alcool absolu pur : 3 heures.

Alcool saturé de sublimé : $2^1/_2$ à 3 heures.

Acide osmique à 2 % : 2 heures.

Sérum fortement iodé : 10 minutes.

Alcool sulfureux : (100 à 150 vol. de SO_2) : 3 minutes.

Acétone : 3 à 10 minutes.

ne pouvons nous empêcher de regretter de semblables applications, faites à un objet inconnu, d'après de simples apparences de similitude. Ensuite, ce qui est pathologique chez l'oursin peut être normal chez les nématodes. La grande utilité que présente l'étude des phénomènes pathologiques réside précisément en ceci : qu'ils jettent de la lumière sur les phénomènes normaux. N'est-on pas trop enclin généralement, surtout lorsqu'on se trouve en présence d'un fait nouveau, ou gênant pour une théorie, de le déclarer anormal, sans autre forme de procès? L'histoire des cinèses nous offre de curieux exemples de cette précipitation. Ainsi, il y a quelques années, Flemming n'hésitait pas à reléguer dans le domaine de la pathologie les couronnes multiples, ou les figures multipolaires observées dans les cellules cancéreuses, etc. (1). Mais voici que J. Denys, notre savant collègue, démontre à toute évidence (2) que ces couronnes, au nombre parfois de 20 à 40 dans un seul noyau, sont typiques dans les cellules géantes de la moelle!

Quant à Boveri il aurait, au dire des Hertwig, traité les œufs par une méthode à l'abri de toute objection, c'est-à-dire une méthode qui tue les œufs instantanément, et il aurait ainsi obtenu des figures cinétiques ordinaires et typiques. Malheureusement les Hertwig n'indiquent pas cette méthode, et nous n'avons pas encore reçu la note de Boveri; nous ne pouvons donc en parler davantage (3).

Acétone sulfureuse : 3 minutes.

Acide acétique glacial : 8 minutes.

Alcool acétique avec chloroforme : 45 secondes.

Chloroforme : 12 secondes.

Eau de brome : 15 secondes.

Eau de brome (1 vol.) avec chloroforme (3 vol.) liquide : 3 secondes.

Item, en vapeur : 6 à 7 secondes.

Acide fluorhydrique très faible : 4 minutes.

(1) Martin : *Zur Kenntniss der indirecten Kerntheilung*; Virch. Arch., B. 86, 1881; et J. Arnold : *Ueber Kerntheilung und vielkernige Zellen*; Virch. Arch., B. 98, 1884.

(2) J. Denys : *La Cytodierèse des cellules géantes, etc* ; La Cellule, t. II, 2e fasc., p. 240.

(3) Nous sommes aujourd'hui en possession de cette note. Boveri traite les œufs par l'alcool bouillant additionné de 1 % d'acide acétique; il prétend avoir ainsi constaté l'existence de la division équatoriale et de l'ascension polaire, à la façon habituelle. Nous n'avons pu nous procurer d'*Ascaris megalocephala* depuis que nous connaissons cette méthode; nous n'avons donc pu l'appliquer, ni la contrôler. Mais nous sommes assez porté à croire que, malgré la présence de l'acide acétique, on aboutit par elle aux mêmes résultats qu'avec l'ébullition dans l'alcool seul à divers degrés, du moins en ce qui concerne l'élément nucléinien ; voir plus haut, p. 275. Cette méthode est violente et doit altérer des figures aussi délicates. En effet, elle détermine aisément, plus aisément encore que les autres méthodes, le retrait de la nucléine vers les extrémités des bâtonnets, et produit ainsi l'illusion d'une division transversale.

D'ailleurs, Boveri n'ayant pas observé la résolution si fréquente des figures avant la formation des globules n'a pu recueillir les données nécessaires pour éviter la confusion entre le fuseau originel et le second fuseau.

II. Matériaux.

Nous avons pris soin de nous servir pour nos recherches de matériaux vivants et aussi frais que possible. Nous supposions en effet que les œufs auraient pu subir des altérations dans les animaux morts depuis peu de temps, ou même dans les animaux encore vivants, mais extraits de leur hôte, ou séjournant dans ce dernier après qu'il a été sacrifié. Il s'écoule en effet habituellement un certain temps avant qu'on puisse utiliser sur le porte-objets les matériaux que l'on a recueillis.

Lorsque l'hôte est un animal à sang froid, un poisson par exemple, sa mort ne peut changer immédiatement les conditions d'existence de ses parasites intestinaux. Il n'en est pas de même si l'hôte est un animal à sang chaud : l'abaissement de température que subit bientôt le parasite pourrait à lui seul exercer une influence fâcheuse sur sa vitalité et snr les phénomènes qui en dépendent.

Pour écarter cette objection, nous nous sommes servi : *a*) de nématodes vivants, et *b*) aussi frais que possible, c'est-à-dire que nous les avons utilisés dans le plus bref délai après la mort de leur hôte, surtout lorsque ce dernier est un animal à sang chaud. Nous avons mentionné plus haut, p. 249 et 257, la manière dont nos observations sur l'*Ascaris clavata*. et nos nouvelles recherches sur l'*Ascaris lombricoïdes* ont été conduites. La plupart de nos observations sur l'ascaride du cheval ont été faites dans les mêmes conditions; les divers lots de ces animaux qui nous ont été fournis furent utilisés environ 4 à 6 heures après leur extraction de l'animal où ils vivaient. Malgré tous nos efforts, nous ne sommes malheureusement jamais parvenu à pouvoir tenter nos expériences sur des animaux pris à l'abattoir même, au moment où le cheval était sacrifié; les plus frais que nous ayons reçus avaient été extraits quatre heures après la mort. Nous avons été plus heureux avec la

---

O et R. Hartwig vont peut-être un peu vite en besogne en affirmant de confiance que Boveri a démontré que ces cinèses sont typiques, et que, par conséquent, nos figures sont en partie entachées d'anomalie.

Nous n'avons observé aucun des phénomènes signalés par Boveri, sur les *Ascaris megalocephala* qui ont passé par nos mains. Les animaux que nous avons sacrifiés sont si nombreux, et de provenance belge si diverse, nos méthodes de préparation ont été si variées que nous nous croyons autorisé à maintenir nos assertions. Du reste, Boveri dit que ces observations ne sont pas terminées, et son travail, que nous sachions, n'a pas encore paru.

En considérant les variations si nombreuses qui existent chez d'autres espèces, on se demanderait volontiers si elles ne pourraient pas se rencontrer également chez l'ascaride du cheval, surtout sur les individus provenant d'autres pays; le milieu où vieent ces animaux doit en effet varier, suivant la nourriture, etc, et rien ne permet d'affirmer que les phénomènes biologiques des œufs n'en sont pas influencés, lorsqu'on voit de si minimes quantités d'u ncorps chimique rendre les cinèses de l'œnf d'oursin méconnaissables.

spiroptère; nous avons pu en retirer nous-même d'une taupe que nous venions de saisir, et les soumettre immédiatement à l'observation.

Or, en opérant sur l'*Ascaris megalocephala*, 4 heures, 6, 8 ou 12 heures même après la mort du cheval, nous avons toujours observé les mêmes figures, quant à leurs caractères essentiels, et cela sur toutes les préparations. Seulement il nous a semblé que, après la mort des ascarides eux-mêmes, les figures s'effaçaient et entraient en résolution beaucoup plus facilement, même celles qui se trouvaient seulement aux premiers stades de la cinèse. Mais aussi longtemps que les nématodes sont en vie, les figures qu'on y trouve ne diffèrent pas de celles que nous avons décrites, en tenant compte des différences qui se manifestent d'individu à individu. Quant aux figures de la spiroptère, elles étaient aussi les mêmes sur les vers extraits de la taupe vivante, et sur ceux qui nous arrivaient 6 ou 8 heures seulement après la capture de leur hôte. Nous noterons en particulier la présence des grands asters plasmatiques, sur les premiers aussi bien que sur les seconds.

La conclusion qui découle de nos observations est la suivante : aussi longtemps que les nématodes sont en vie, leurs figures cinétiques sont normales. Nous dirons toute à l'heure le doute qui peut subsister encore à ce sujet.

Cette conclusion s'imposait déjà à la suite de nos observations sur les figures dimidiées des sauterelles, avec une rigueur presque mathématique. Les cellules testiculaires ont des parois minces et d'une extrême délicatesse; aussi sont-elles instantanément tuées et fixées par l'acide osmique, etc. L'animal d'où on les extrait en deux secondes est plein de vie : on l'a saisi dans les sables ou sur une berge quelques minutes auparavant, sans lui imprimer la moindre lésion. Enfin ces figures se rencontrent à toutes les étapes de la dimidiation au milieu d'une infinité d'autres figures ordinaires, sur la même préparation. On peut même les distinguer à frais, sans le secours d'aucun réactif, sur le porte-objets où l'on a dissocié les cellules dans le liquide testiculaire. C'est ainsi que nous les avons retrouvées chez un autre acridien, l'*Acridium lineola*, à Porte d'Anzio et à Pompei; une simple goutte de vert de méthyle nous fit voir que nous ne nous étions pas trompé.

Le doute n'est donc pas possible : les figures dimidiées des sauterelles, qui sont aussi largement ouvertes que les plus amples de l'*Ascaris megalocephala*, sont normales, c'est-à-dire qu'elles existent comme telles, et avec tous leurs caractères, au sein de l'animal vivant en pleine liberté. Pourquoi n'en serait-il pas de même chez d'autres animaux, chez les nématodes en particulier?

Concluons.

Les figures ne s'altèrent pas notablement dans le liquide du porte-objets : elles sont donc normales, c'est-à-dire qu'elles existent comme telles dans l'animal, *au moment de l'expérience*.

Il y a des variations individuelles, non seulement d'un animal à l'autre, mais d'un tube ovarique à l'autre, et d'un œuf à l'autre dans le même ovaire et à un moment donné.

Ces conclusions nous paraissent rigoureuses l'orsqu'il s'agit de nématodes vivants, extraits d'un animal à sang froid. Elles le sont moins pour ceux qui proviennent d'animaux à sang chaud. Pour achever notre démonstration il aurait fallu pouvoir opérer sur des *Ascaris lombricoïdes* et *megalocephala*, au moment où leur hôte est sacrifié. Nous avons déjà dit que nous n'y étions pas parvenu; il est difficile de faire comprendre l'importance de ces menus détails au personnel des abattoirs. Nous le regrettons, car nous ne pouvons dire ce qui se passe chez ces nématodes pendant les 5 ou 6 heures qui précèdent l'observation microscopique. Cependant il serait difficile d'admettre que ce temps est suffisant pour changer entièrement la marche des phénomènes sur tous les œufs de l'ovaire, depuis la scission de la forme pelotonnée jusqu'à l'expulsion du second globule; nous avons vu en effet, p. 280, que tous ces phénomènes forment une série ininterrompue, dont chaque étape dépend de l'étape antérieure. Il y a donc lieu de croire que les phénomènes observés sont normaux, à part peut-être certains détails accessoires que nous avons déjà mentionnés.

IV.

Variations des cinèses; Terminologie concernant la division; — Réponse à Flemming (1).

Nous remercions sincèrement Flemming d'avoir bien voulu s'occuper de nous, en consacrant le 10e chapitre de son travail à notre » *Cytodierèse chez les arthropodes.* « Nous lui sommes d'autant plus reconnaissant qu'il a dû dédaigner le conseil qui lui a été donné au congrès de Berlin, l'an passé, par un de nos compatriotes que l'on n'accusera pas de chauvinisme : » m'est avis, disait ce charitable collègue, qu'un homme de la valeur de « Flemming ne devrait pas perdre son temps à contrôler et à réfuter des

1) W. Flemming : *Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle*; Archiv f. mik. Anat., B. XXIX, p. 449.

» publications comme celles de Carnoy (1)! « La conduite du savant de Kiel lui fait honneur, car elle prouve qu'il est un ami sincère et dévoué de la science, ayant à cœur de se montrer libre et indépendant vis-à-vis des coteries, ainsi qu'il est seyant à tout homme honnête.

Flemming ne s'occupe pour le moment que d'un chapitre assez restreint de notre ouvrage : de la dislocation de la couronne équatoriale, et, à cette occasion, des variations que nous avons signalées dans les phénomènes caryocinétiques des cellules testiculaires. Il termine par quelques remarques critiques sur notre terminologie de la cinèse.

I. Variations cinétiques.

Parcourons d'abord les *faits*, en faisant abstraction pour un moment de l'interprétation dont ils sont susceptibles.

A.

En commençant nos recherches sur les arthropodes, en 1882, nous pensions que le schéma bien connu de Flemming, — exigeant que la division longitudinale des bâtonnets se fasse dans la couronne équatoriale elle-même, — devait recevoir une application générale. Cette conviction ne fut pas de longue durée.

I. Cellules testiculaires.

a) Bientôt en effet nous découvrîmes dans les cellules testiculaires des sauterelles un fait qui nous parut important, que nous avons tenu à constater rigoureusement (2) et sur lequel nous avons insisté d'une manière particulière, à savoir : la dislocation de la couronne sans division, soit longitudinale, soit transversale, des bâtonnets; en d'autres termes, *l'absence de toute division au sein de la couronne*. Plus tard, nous avons constaté le même phénomène dans plusieurs autres groupes d'arthropodes.

Flemming vient de montrer à son tour que les choses se passent exactement de la même manière dans son *homœotypische Form*, chez la salamandre.

(1) « Herr Van Beneden meint dasz ein Mann von Flemming's Bedeutung nicht seine Zeit damit « verlieren sollte, Publicationen wie diejenen von Carnoy zu prüfen und zu widerlegen. » — Tous les savants sérieux apprécieront comme il doit l'être ce langage méprisable.

(2) Voir p. 330 à 332 de la *Cytodiérèse*.

b) Cette particularité ne fut pas la seule qui s'offrit à nos observations. Parmi les couronnes qui subissaient la division équatoriale, nous en avons rencontré un certain nombre dont les bâtonnets, au lieu de présenter le clivage longitudinal, prétendument typique, subissaient la scission transversale.

Flemming a également constaté cette scission chez la salamandre dans le mode de division qui constitue son *heterotypische Form*.

c) A côté de ces deux modes particuliers de dislocation de la couronne, nous avons trouvé le mode ordinaire, avec clivage longitudinal suivant le schéma typique.

Flemming n'a pas observé la » *gewöhnliche Mitose* « dans le testicule de son batracien; c'est du moins ce qu'il faut conclure de son exposé. Il a constaté que la division longitudinale y avait lieu dès la forme pelotonnée.

d) Nous avons signalé une quatrième variation, non moins curieuse que les précédentes : la présence de la division longitudinale au sein des couronnes polaires.

Flemming avait déjà remarqué autrefois ce détail chez la salamandre, mais il le regardait comme pathologique; revenant aujourd'hui sur cette opinion, il le considère comme normal dans son *heterotypische Form*.

e) Quant à la facture générale des figures, nous y avons distingué deux formes principales : celles à bâtonnets ou anses parallèles, dès le début; celles à bâtonnets dispersés ou éparpillés après la scission du peloton, comme dans la cinèse ordinaire.

Des deux formes de Flemming, l'hétérotypique rappelle surtout notre forme parallèle par la » Tonnenform « qui termine la » Metakinese. «

f) Autre détail important. Nous n'avons jamais rencontré nos deux types précités de figures dans un même cyste; s'ils se présentent dans un cyste, avons-nous dit, p. 326, ce ne peut être qu'à des cinèses ou à des générations différentes.

Flemming affirme également que ses deux formes *homœo- et heterotypische* se rencontrent dans des cystes ou à des générations différentes; il a seulement trouvé par exception deux cystes où ses formes étaient mélangées(1).

g) Enfin, chez les arthropodes, la cinèse subit des variations secondaires, des modifications ou des dégradations plus ou moins considérables et de diverses sortes, qui vont parfois jusqu'à la rapprocher insensiblement de la sténose.

(1) Voir son tableau-résumé, p. 401.

Flemming a reconnu également chez la salamandre un certain nombre de variations et de figures particulières, (ses *Varianten*), qu'il décrit dans son 8e chapitre (1).

En résumé, *les observations de* Flemming *sont la confirmation éclatante des nôtres;* tous les principaux faits que nous avons découverts chez les arthropodes, le professeur de Kiel les a retrouvés dans la salamandre. Il y aurait donc, malgré tout, quelques bonnes bribes à glaner dans des publications comme celles de Carnoy!!

Outre ces faits, nous en avons signalé d'autres dont Flemming ne parle pas, et qu'il n'a sans doute pas observés chez la salamandre.

h) Rappelons d'abord les figures dimidiées des sauterelles, dont il a été question au début de cette conférence, p. 231. L'ascension polaire n'y existe pas; les couronnes se forment latéralement, grâce à l'ouverture de la figure, et la plasmodiérèse s'y effectue dans une direction diamétralement opposée à celle des cinèses ordinaires. Ce fait est important; Flemming pourrait y trouver une nouvelle *typische Form* de sa » Mitose. «

i) Parmi les couronnes, les unes sont à bâtonnets droits, les autres à bâtonnets recourbés. Chacun de nos types peut donner naissance à ces deux sortes de couronnes, aussi bien la forme parallèle (2) que la forme ordinaire. En outre, à une cinèse donnée, » toutes les couronnes d'un cyste sont identiques; elles sont toutes ou bien à bâtonnets droits, ou bien à bâtonnets incurvés, p. 329. «

j) La distribution des bâtonnets dans la couronne est variable. A ce point de vue, il y a lieu de distinguer les couronnes pleines et les couronnes creuses. Dans les premières les bâtonnets occupent toute la section du fuseau, tandis que dans les secondes ils sont ordonnés à la périphérie en un cercle régulier. Les cellules testiculaires d'un même animal peuvent offrir ces deux variétés dans le cours de leur évolution (3).

k) S'il est vrai que, au moment de la cinèse, la membrane nucléaire disparaît dans un très grand nombre de cas, il est vrai également qu'elle subsiste parfois jusqu'à l'étape des couronnes polaires, et même jusqu'à la reconstitution des noyaux. Il y a donc des cinèses *intérieures*, ainsi que nous les avons appelées.

---

(1) Flemming p. 443 : Anomale Abweichungen der Mitose bei den Spermatocyten, und Entartungsformen von Kernen. — Voir sur sa pl. XXV les « *Varianten* ».

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 329.

(3) Voir ce que nous avons dit à ce sujet, surtout à propos de l'*Astacus;* l. c., p. 327.

Lorsque les asters existent, leur développement est des plus variables : ici, ils intéressent le cytoplasme tout entier, là, ils sont très restreints.

Nous pouvons nous borner à ce résumé succinct.

II. Cellules ovulaires.

Pour faciliter l'intelligence de la présente discussion, il convient de tracer également un aperçu des faits que nous avons observés sur les œufs des animaux. Flemming les passe sous silence dans sa critique; il ne fait même pas mention de notre travail sur l'*Ascaris megalocephala*, publié une année auparavant. Nous devons réparer cette omission, car nos divers mémoires sur les nématodes constituent une partie notable de notre *Cytodiérèse chez les animaux*; en faire abstraction serait tronquer et mutiler notre travail.

Dans les œufs, les variations cinétiques ne sont ni moins frappantes, ni moins étendues que dans les cellules testiculaires; la preuve en est fournie par les cinèses polaires des nématodes, les seules que nous ayons étudiées d'une manière spéciale.

a) Chez l'*Ascaris megalocephala* et quelques autres, il n'existe, d'après nos observations, aucune sorte de division, ni avant, ni pendant, ni après la phase équatoriale, soit de la première, soit de la seconde cinèse. La division longitudinale peut s'annoncer, il est vrai, par des indices sur les bâtonnets, mais elle n'a lieu qu'après la résolution de la seconde figure, ou même, le plus souvent, après l'expulsion du second globule, et la reformation du noyau définitif de l'œuf. *Cette absence de toute division durant deux cinèses consécutives* est des plus remarquables, et mériterait à coup sûr d'être élevée au rang de *type* par Flemming.

b) Au contraire, chez l'*Ascaris clavata* et ceux de son type, une double division interviendrait au sein de la couronne équatoriale : une transversale et une longitudinale. Mais, même dans ces espèces, il y aurait bien des variations à noter.

Habituellement la première de ces divisions se complète dans la couronne; parfois cependant elle est différée jusqu'après la résolution de la figure et même, sur certains œufs de l'ophiostome, jusqu'après l'expulsion du globule lui-même.

La division longitudinale peut s'exécuter à l'équateur de la figure; quoique indiquée, elle n'a lieu assez souvent que plus tard, après la disparition du fuseau et le retrait de la figure, ou même après la division polaire chez l'ophiostome.

Enfin, rarement cette division est complète, le plus souvent les éléments s'ouvrent par une extrémité seulement; ils restent unis par leur base et se présentent sous la forme d'un bâtonnet ordinaire.

c) L'ascension polaire a lieu sur un certain nombre de figures. Mais ailleurs elle fait défaut, la figure disparaissant avant la dislocation de la couronne; ce cas se présente chez tous les ascarides du second type, principalement chez l'ophiostome.

d) Nous avons insisté sur les différences qui existent entre les deux figures et les deux globules polaires, entre la vésicule germinative et le noyau définitif de l'œuf, au point de vue du nombre des éléments nucléiniens qu'ils renferment, suivant que la division équatoriale se fait ou ne se fait pas. Dans le premier cas, ce nombre reste partout constant : il est de 24 chez l'*Ascaris clavata*, par exemple; tandis qu'il est variable si la division n'a pas lieu : ainsi, il est de 8, 4 ou 2 chez l'*Ascaris megalocephala*.

e) Nous ne ferons que rappeler les divers modes de formation des globules eux-mêmes: ici dans le fuseau cinétique; là dans un second fuseau, qui d'ailleurs ne se marque pas toujours sensiblement. Les détails que nous venons de donner à propos l'*Ascaris clavata*, p. 268, etc., complètent ceux qui ont été décrits chez l'*Ascaris megalocephala* et ses semblables.

f) Les cinèses polaires sont totales ou intérieures; parfois chez certains individus ces dernières existent seules, p. 255.

g) Durant la segmentation de l'ophiostome, nous avons signalé certains cas de division longitudinale au sein du noyau,au moment de la scission de la forme pelotonnée et, conséquemment, avant la formation de la figure cinétique.

B.

Avant d'aborder l'*interprétation* des faits, il est nécessaire de faire quelques remarques pour écarter les malentendus, et ramener au jour un sujet qui paraît s'embrouiller.

On se ferait une idée assez inexacte de nos vues sur la cinèse, si l'on s'en tenait au résumé tracé par Flemming.

D'après ce qu'il dit à la p. 450 et 452, notre forme ou type *parallèle*, qu'il rapproche de ses »*Tonnenfiguren*« de la salamandre, serait synonyme de nos » couronnes à bâtonnets droits «; et dans cette forme seulement aurait lieu la division transversale, signalée par nous au sein de la couronne équatoriale. Ce sont là deux assertions fautives.

Nous venons de rappeler que la scission parallèle peut donner naissance indifféremment aux deux sortes de couronnes : celles à bâtonnets droits et celles à bâtonnets recourbés. En effet, à la p. 329, on peut lire les deux passages suivants : » On comprend très bien d'ailleurs que la scission en » anses parallèles et droites donne lieu à ces sortes de couronnes (à bâtonnets » en U); il suffit d'admettre que les bâtonnets qui en résultent s'incurvent à » leur partie médiane, chose toute naturelle puisqu'ils s'incurvent si souvent » durant les étapes précédentes dans l'autre mode de division. « Et un peu plus loin, en parlant des couronnes à bâtonnets érigés, nous ajoutons : » Lors de la scission parallèle, on voit les tronçons allongés se raccourcir » de plus en plus pour former directement les bâtonnets courts et trapus » de la couronne sans subir d'inflexion, FIG. **258**, **261** et **262**. On peut suivre » aisément ce phénomène dans certaines colonies où les cellules sont à » diverses phases de la première étape de la caryocinèse. » Dans la description particulière des cinèses des divers groupes nous avons insisté vingt fois sur ces deux sortes de couronnes de la forme parallèle.

En ce qui concerne la division transversale, nous n'avons pas été moins explicite. A la p. 334 et 335, après avoir parlé de l'existence de ce mode de division, nous concluons en ces termes. » En résumé, dans trois » groupes différents (écrevisse, scolopendre, forficule), nous croyons avoir » constaté l'existence de la division transversale à l'équateur et, dans tous » les arthropodes, on trouve fréquemment des images qui *peuvent* s'y » rapporter. « Or, à la p. 303 et 319, on peut voir que nous *n'avons pas observé le mode parallèle* chez l'écrevisse ni la scolopendre; on n'y rencontre que le mode de scission ordinaire, c'est-à-dire en bâtonnets éparpillés! La scission équatoriale transversale n'est donc pas liée, d'après nous, à la forme parallèle. FLEMMING a dû être bien distrait, ou s'être contenté d'une lecture par trop cursive.

Ce n'est point tout encore.

Dans la note (86) de la p. 455, à propos du travail de PLATNER sur les lépidoptères, il dit que cet auteur nous combat catégoriquement en soutenant que, sur les objets qu'il a étudiés, la division équatoriale est toujours longitudinale. Cela s'appelle enfoncer une porte ouverte à deux battants. En effet, à la p. 278, après avoir affirmé que nous n'avions jamais observé chez les lépidoptères la dislocation de la couronne sans division, nous ajoutons : » Sans avoir rencontré dans les chenilles des images aussi démonstratives que chez les coléoptères, nous croyons cependant pouvoir y » admettre également la division longitudinale « et, en développant nos

preuves à l'appui de cette assertion, nous critiquons l'opinion de MAYZEL qui avait cru reconnaître la division transversale chez les *Liparis*! Sans avoir nié l'existence éventuelle de cette division — chose dont nous nous garderions encore aujourd'hui, malgré le travail de PLATNER — nous n'avons pas un mot, ni une figure pour ce mode de dislocation, tant il était resté douteux pour nous dans ce groupe. La méprise de FLEMMING prouve une fois de plus la nécessité de recourir aux sources.

A prendre à la lettre certaines expressions et certaines assertions de notre collègue, p. 452-455, il semblerait que nous n'avons jamais remarqué de traces de division longitudinale pendant le *Knäuelstadium*. Nous en avons cependant » observé plus d'une fois sur divers objets, en particulier sur les cellules » testiculaires des cloportes, des forficules, des agrions.... etc. « au repos(1). Seulement, nous avons pris soin d'ajouter qu'elles ne sont pas » un *indice* » *certain* d'une division longitudinale à son début, « et qu'il est nécessaire » de recourir à des indications plus précises pour prouver l'*existence* de cette » division. « Cette réserve nous paraissait commandée par la rigueur scientifique, et les faits que nous avons découverts chez l'ascaride du cheval, la spiroptère, etc., en sont la justification. Déjà, au moment de la scission du boyau dans les œufs jeunes de l'ascaride du cheval, la nucléine » s'accumule surtout » à la périphérie du bâtonnet; ce qui lui donne l'aspect d'un élément entrant » en division longitudinale, division qui cependant n'aura jamais lieu, même » aux deux cinèses subséquentes (2). « Ce phénomène est encore plus frappant chez la spiroptère (3). » A peine le noyau (de conjugaison) est-il élaboré, » que les deux bâtonnets entrent en division longitudinale.... Ils portaient » depuis longtemps des indices de cette division. Nous avons en effet mentionné l'apparition, au milieu du bâtonnet, d'une ligne hyaline non colorable » par le vert de méthyle, dès avant la première cinèse, au sein même de la » vésicule, FIG. **103**. Nous avons retrouvé cette particularité dans tous les » stades ultérieurs de la formation des globules polaires : témoins les FIG. » **107**, **114**, **121** à **123**; jamais cependant la division ne s'est réalisée. Nous » avons donc eu raison d'affirmer(4) que de tels indices peuvent se manifester » dans un noyau *au repos*, et qu'ils ne sont pas par eux-mêmes des *indices* » *certains de division prochaine*. «

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 201.
(2) *La vésicule germinative etc., chez l'Ascaris megalocephala*, p. 11.
(3) *La vésicule germinative etc., chez divers nématodes*, p. 16.
(4) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 201.

Ces paroles prouvent clairement que notre attention était déjà attirée, avant 1885, sur les phénomènes de division qui pourraient se passer dans la forme pelotonnée, voire même dans le *noyau au repos*, et qu'elle n'a cessé de l'être depuis lors. On se rappelle peut-être que nous avons signalé récemment (1) l'existence de la division longitudinale dans le noyau spermatique au repos et encore en voie d'élaboration, longtemps, par conséquent, avant sa conjugaison avec le noyau femelle et son entrée en cinèse.

Nous avions déjà étudié autrefois, à ce point de vue, la forficule et la demoiselle (*Calopteryx virgo*). Sur aucune préparation nous n'avons pu voir leur volumineux peloton, ou les tronçons trapus qui en résultent (2), formés de deux moitiés parallèles et séparées, comme FLEMMING le figure dans la salamandre.

Mais c'est surtout le noyau entrant en cinèse des grandes cellules-mères de l'écrevisse et de la scolopendre qui a été de notre part l'objet d'observations suivies, précisément parce que, si nous ne nous trompons, nous avions constaté sur ces espèces la division équatoriale transversale. Le lecteur peut apprécier en parcourant les pages 303, 318, etc., le soin que nous avons mis à décrire le noyau au repos, la scission de l'élément nucléinien, la formation progressive des bâtonnets et leur aspect pendant la première phase de la cinèse. Rien dans cette description ne rappelle la division longitudinale, ni les phénomènes observés par FLEMMING; nous n'avons jamais, en effet, constaté la présence de bâtonnets jumeaux et distincts, ni rencontré sa « *Tonnenform* », ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, p. 291.

En présence de ces données négatives, trop peu nombreuses assurément pour nous permettre de rejeter l'existence de la division que nous cherchions, nous nous sommes contenté de relater les faits qui se passent *dans la couronne équatoriale*, sans aller au-delà. Nous avons constamment parlé, FLEMMING le premier aurait dû le remarquer : de division équatoriale, soit longitudinale, soit transversale; de dislocation de la couronne, avec ou sans division, ou encore, accompagnée ou non de division; de retour direct et immédiat vers les pôles, ou de retour avec division préalable; de phénomènes qui se passent ou s'exécutent au sein de la couronne, ou à la phase équatoriale; de phénomènes équatoriaux, etc., etc. etc. Ce langage, toujours le même, et répété à satiété, loin d'impliquer la négation de la division longitudinale aux stades antérieurs, prouve au contraire que nous avons voulu expressément réserver cette question. A notre connaissance, elle n'avait encore été posée

(1) *Les globules polaires, etc. chez divers nématodes*, p. 16 à 19, etc.

(2) Semblables à ceux de la PL. II, fig. 49 à 51, PL. III, fig. 76 à 80 de *La Cytodiérèse chez les arthropodes*.

par personne à cette époque, et nous nous proposions de l'étudier d'une manière plus approfondie, et peut-être avec plus de succès, sur d'autres objets, avant de faire part au public de nos idées sur la cause présumée des variations équatoriales. On verra plus loin si nous avons réussi (1).

Les faits que nous avions découverts, c'est-à-dire les *trois modes de dislocation de la couronne*, suffisaient amplement pour nier avec certitude la réalisation générale du schéma de Flemming, ainsi que l'existence obligée d'une division longitudinale à l'*équateur*. Nous n'avons pas voulu dire et nous n'avons pas dit autre chose. Lorsque Flemming écrit, p. 450, en parlant de notre forme parallèle, qu'il n'a d'ailleurs pas bien comprise : « der Knäuel segmentirt sich, die Segmente, *ohne das eine Längsspaltung stattgefunden hat*, strecken sich parallel der Axe zu langen Stäben, etc. » les mots qu'ils souligne viennent exclusivement de sa plume, et sont répudiés par notre texte tout entier. Il fait preuve d'une confusion plus grande encore à la page suivante, n° 3 : « Hiernach, dit-il, erkennt Carnoy natürlich der » Längsspaltung gar keine fundamentale Bedeutung bei der *Mitose* zu. Sie » kann..... ganz fehlen, und durch eine Querhalbirung der Segmente ersetzt » werden; und endlich können beide fehlen. « Sans le savoir, sans doute, Flemming travestit notre langage autant que notre pensée. Il s'agit dans notre Cytodiérèse de *dislocation de la couronne*, et non de *Mitose*, c'est-à-dire de *Cinèse*. Cela est d'autant plus étonnant que, dix lignes plus loin, en résumant nos idées, et cette fois justement, il emploie les termes dont nous nous sommes toujours servi nous-même : « die *Dislocirung der Æquatorial-* » *kronen* geschieht ohne Theilung,..... mit Theilung, und zwar entweder » *a*) mit Längsspaltung, oder *b*) mit Quertrennung. »

Voici, textuellement, les conclusions générales déduites de nos observations sur la manière d'être de l'élément nucléinien dans les figures cinétiques (2).

1° « La *dislocation de la couronne* n'est pas *essentiellement liée* à la » division *équatoriale*; ni, à plus forte raison, à la division longitudinale » des bâtonnets, ainsi que semblent l'admettre Heuser et plusieurs autres » observateurs, p. 332. »

On le voit, nous écrivons toujours : *dislocation* de la couronne, division *équatoriale*, et non *Cinèse*! Ce qui est tout différent; car la dislocation de la

(1) Voir, p. 296, les faits que nous avons constatés sur certains noyaux, pendant les premières segmentations de l'œuf de l'ophiostome.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*; Conclusions; § I, p. 325 à 339.

couronne et, en général, les phénomènes qui se passent à l'équateur ne sont qu'*une* des multiples phases de la cinèse.

2° « On pourrait dès maintenant formuler divers schémas, s'éloignant » de plus en plus de celui de Flemming *qui n'est applicable qu'aux exemples* » *les plus complets de la caryocinèse totale.* «

Le point de mire de cette conclusion est encore la division longitudinale *équatoriale*, qui caractérise avant tout le schéma typique de notre collègue.

La critique de Flemming, concernant ce que nous avons dit de la division longitudinale qui intervient parfois dans les couronnes polaires, ne nous paraît pas non plus entièrement justifiée. Nous avons affirmé, il est vrai, p. 336, que, dans certains cas, la division longitudinale était différée jusqu'à cette étape. Mais encore une fois, nous avons parlé *uniquement* de division *équatoriale*; chaque mot de la même p. 336 le prouve. Au même endroit, nous rejetons l'opinion de Van Beneden, dans son application aux cellules des arthropodes, en ce sens qu'une seconde division se ferait dans les couronnes polaires, « une première ayant déjà eu lieu à l'*équateur*, » toujours d'après le schéma de Flemming. Nous n'avons donc nullement mis en regard la division dans les couronnes polaires avec la division éventuelle dans la forme pelotonnée.

C.

Après ces remarques critiques, ou plutôt ces rectifications, il nous sera aisé d'aborder l'*interprétation* des figures.

On vient de le voir, nous avons constaté et catalogué les faits qui se passent dans la couronne équatoriale. Pour en trouver l'explication, nous avons étudié les phases antérieures à la couronne et les phases subséquentes. Dans le noyau et les premières phases de la cinèse, nous avons constaté çà et là des indices de division longitudinale, mais nous n'avons jamais vu celle-ci s'effectuer en réalité, soit d'une manière complète, soit d'une manière incomplète dans les cellules testiculaires des arthropodes. C'est pourquoi, voulant réserver ce point délicat, nous avons rédigé notre mémoire en conséquence, et rapporté toutes nos assertions et toutes nos descriptions aux phénomènes de la dislocation de la couronne équatoriale. Plus tard seulement, nous avons découvert la division longitudinale sur la forme pelotonnée de l'ophiostome; nous allons revenir sur ce point.

Dans les phases subséquentes nous avons constaté l'existence de la division longitudinale aux sein des couronnes polaires. Nous avons appliqué

ce fait à l'explication des phénomènes de la *couronne équatoriale;* nous avons admis que la division équatoriale pouvait être retardée, c'est-à-dire qu'elle pouvait se faire, ou s'achever seulement au stade polaire.

Flemming, dans ses observations sur la salamandre, a été plus heureux que nous pendant nos recherches sur les arthropodes; il a vu la division longitudinale s'exécuter dans le noyau au premier stade de la division, et il a profité de cette découverte pour interpréter les phénomènes de la couronne.

D'après lui, tantôt les bâtonnets jumeaux, issus de la division longitudinale, restent séparés et viennent se placer plus ou moins régulièrement à l'équateur; il y a ensuite dislocation pure et simple, sans division. Telle est son » homœotypische Form. «

Tantôt les bâtonnets se ressoudent par leurs bouts pour former des anneaux fermés et plus ou moins aplatis. Ces anneaux s'ordonnent parallèlement, de façon à ce que les extrémités soudées se trouvent dans le plan équatorial et la courbure des anses vers les pôles : ainsi naît la *Tonnenform*, terminant la » Metakinese. « Finalement, les extrémités se libèrent à l'équateur, c'est-à-dire que les anses parallèles semblent se scinder transversalement en leur milieu; mais, en réalité, cette scission n'est que l'achèvement de la division longitudinale initiale. Entre temps, une nouvelle division se marque sur les anses séparées; la division que l'on observe dans les couronnes polaires est donc une seconde division, la première ayant eu lieu dans la forme pelotonnée (1). Ce second mode est appelé « heterotipische Form » par Flemming.

Nous n'avons aucune raison pour révoquer en doute les observations de notre savant collègue — nous n'avons d'ailleurs jamais étudié les cinèses testiculaires de la salamandre —, et nous acceptons volontiers les explications qu'il en donne, à part la remarque qui sera faite plus loin au sujet de la scission transversale.

Mais il y aurait quelques observations à présenter sur l'application qu'il en fait aux cinèses des arthropodes. Flemming est en effet porté à croire que, chez ces derniers, comme chez la salamandre, notre dislocation de la couronne sans division, et celle qui est accompagnée de division transversale sont l'un et l'autre précédées d'une division longitudinale dans la forme pelotonnée. La division longitudinale des couronnes polaires, dont nous avons fait mention, serait également, d'après lui, une seconde division.

(1) Nous devons nous borner à ces quelques mots qui nous suffisent, et renvoyer le lecteur au travail de Flemming pour tous les détails.

Flemming avoue ne pas avoir étudié les phénomènes cinétiques chez les arthropodes, depuis plus d'une année que notre ouvrage est publié. Il appuie ses présomptions : *a)* sur la similitude de certaines de ses figures avec les nôtres; *b)* sur l'analogie. Mais ce sont là des bases très incertaines. Il y a chou et chou, disait Lafontaine; il y a tonnelet et tonnelet. Ensuite la logique n'autorise guère le raisonnement par analogie, basé sur un fait unique, car Flemming jusqu'ici n'a étudié que la salamandre.

1° Depuis que nous avons nous-même découvert, pendant la segmentation de l'œuf de l'ophiostome, l'achèvement de la division longitudinale au premier début de la cinèse, comme Flemming l'a constaté de son côté dans les cellules testiculaires, nous sommes assez porté à admettre que la dislocation de la couronne sans division, se réalise parfois à la suite d'une division longitudinale antérieure : voici ce que nous avons écrit à ce sujet dans notre dernier mémoire sur les nématodes (1).

» Les fig. **271** et **272** marquent une autre particularité beaucoup plus » curieuse. Dans la première, on aperçoit un noyau ordinaire, encore muni » de sa membrane. dans lequel non seulement la scission de la forme pelo- » tonnée s'est faite, mais la division longitudinale elle-même s'est achevée. » Nous avons rencontré une dizaine de noyaux semblables chez l'*Ophiosto-* » *mum mucronatum*. Ce fait ne nous a pas trop étonné, car, à l'inverse de » ce qui a lieu chez le *Filaroïdes mustelarum*, la forme pelotonnée est » épaisse et se scinde de bonne heure en douze tronçons trapus, sur les- » quels on aperçoit immédiatement des signes de division; on conçoit donc » que celle-ci s'achève çà et là avant la formation de la figure. Le fait est » qu'il en est ainsi dans la figure précitée. La cinèse survenant, les bâtonnets, » d'abord répandus dans tout le noyau, s'acheminent vers l'équateur, comme » d'habitude, pour y former une couronne de vingt-quatre bâtonnets. Nous » croyons avoir vu deux de ces couronnes. Qu'arrive-t-il ensuite? Les bâton- » nets subissent-ils une nouvelle division longitudinale, avant de retourner » vers les pôles? Nous ne le pensons pas, pour cette unique raison que, » malgré nos recherches, nous n'avons pu trouver une seule figure où il y » eût plus de douze bâtonnets en retour de chaque côté vers les pôles, ou » une couronne polaire assez fournie pour que l'on pût songer à la présence » de vingt-quatre bâtonnets. Nous croyons donc qu'aucune division ne sur- » vient alors à l'équateur, et que la moitié des bâtonnets de la couronne se » retire simplement vers chacun des pôles. Ne trouverait-on pas dans ce

(1) *La segmentation de l'œuf chez les nématodes*, p. 77 (publié 4 mois avant le travail de Flemming).

» fait l'explication de ces cas de dislocation des couronnes équatoriales sans » division préalable, que nous avons signalés à plusieurs reprises dans les » cellules testiculaires des arthropodes, et dont la réalité, pour nous, n'est » pas douteuse? Nous le croirions volontiers, mais il faudrait s'en assurer » par l'observation directe.

» Quoi qu'il en soit, l'existence de cette division longitudinale avant » toute trace de figure est certaine; elle montre, une fois de plus, que la » science n'en a pas fini avec les variations que la cinèse peut présenter. »

Nous sommes on ne peut plus heureux de trouver dans les observations de Flemming la confirmation de nos propres observations sur l'ophiostome; sa forme homœotypique est, pour ainsi dire, calquée sur la description que l'on vient de lire. En présence de cette double série de faits, on peut soupçonner que, dans certains cas, la division longitudinale précède la dislocation directe de la couronne, mais on ne serait nullement autorisé à conclure qu'il en est ainsi partout où elle se présente. Une pareille conclusion serait d'ailleurs démentie par les faits. Ainsi, chez l'*Ascaris megalocephala*, etc., nous l'avons dit plus haut, p. 289, bien qu'il n'y ait aucune division à l'équateur, ni même durant les deux cinèses polaires, il n'y a cependant jamais non plus de division longitudinale antérieure dans la vésicule germinative; les 8 bâtonnets restent immobiles après la scission du boyau dans les œufs encore très jeunes. L'application que voudrait faire Flemming des phénomènes qui se passent chez la salamandre est donc beaucoup trop générale et, par conséquent, fautive.

2° Quant à la forme parallèle que notre collègue, sur de simples apparences, voudrait identifier avec sa « Tonnenform » terminant la » Metakinese, « nous devons faire plus de réserves encore.

Nous avons déjà traité assez longuement la question des figures en tonnelet, à propos des nouvelles formes parallèles que nous avons rencontrées récemment chez le filaroïde du putois. Pour faire connaître nos idées sur ce sujet, nous ne pourrions mieux faire que de mettre sous les yeux du lecteur le passage qui s'y rapporte; ce passage est un peu long, il est vrai, mais il est de nature à le convaincre que de la similitude des figures on ne peut conclure à leur identité.

» La fig. **246** représente le mode particulier de formation des figures » que nous avons désigné sous le nom de scission parallèle. Ces sortes de » figures ne sont pas communes chez les nématodes; nous les avons remar- » quées seulement sur cinq ou six jeunes embryons de *Filaroïdes mustelarum*.

» La première étape de ce mode est reproduite en *a*. Le noyau, encore » muni de sa membrane, montre que toutes les anses de la forme pelotonnée

» sont parallèles et dirigées dans le sens de l'axe organique du noyau, indi-
» qué par les deux asters qui commencent à poindre à ses extrémités. La
» plupart de ces anses sont périphériques; on en compte huit environ sur
» l'hémisphère supérieur, au total seize : chiffre normal des bâtonnets dans
» cette espèce. Dans les étapes suivantes, les anses restent orientées; elles
» ne font que s'épaissir en se raccourcissant vers l'équateur, pour former la
» couronne équatoriale de la cellule *b*. On voit que cette couronne a un facies
» spécial, entièrement différent de celui des couronnes ordinaires, lors-
» qu'elles sont vues également de profil. La couronne subit ensuite la divi-
» sion longitudinale; cette division s'indique en *b*. Enfin, les demi-bâtonnets
» se séparent et retournent vers les pôles, *c*. Cette figure a aussi un aspect
» particulier. Tels sont les faits que nous avons observés.

» Si l'on ne rencontrait que la FIG. *a*, on pourrait croire que l'on a devant
» soi le tonnelet figuré par E. VAN BENEDEN(1) : ce tonnelet serait formé par
» le retour vers les pôles des éléments de la couronne, qui restent attachés
» par leurs bouts à l'équateur. Nous sommes loin de contester qu'il en soit
» ainsi chez l'ascaride du cheval. Mais les filaments d'un pareil tonneau, au
» lieu de se détacher des pôles et de revenir à l'équateur pour fournir une
» couronne équatoriale, vont au contraire se scinder à l'équateur et se retirer
» vers les pôles en formant les deux couronnes habituelles. Loin d'être iden-
» tiques, notre figure et celle de E. VAN BENEDEN sont donc diamétralement
» opposées : la nôtre marque les initiales de la cinèse, la sienne une des ses
» dernières étapes. D'ailleurs, il ne manque pas de noyaux au repos qui
» présentent exactement la même figure. Celle-ci pourrait être produite
» aussi au début de la cinèse. Il suffirait de supposer, par exemple, que les
» moitiés des douze bâtonnets de la FIG. **271** se séparent par leur milieu en
» restant unies par leurs extrémités, et que le soulèvement des anses jumelles
» a lieu régulièrement vers les deux pôles organiques du noyau, ou du fuseau.
» Mais cette supposition ne serait pas normalement applicable à notre fi-
» gure *a*. Car, chez le filaroïde, les tronçons résultant de la forme pelotonnée
» sont longs et minces, et ils s'acheminent dans cet état vers l'équateur pour
» s'y épaissir; jamais ils ne portent le moindre indice de division avant l'étape
» de la couronne équatoriale. Ce n'est que par l'ensemble des circonstances
» qui entourent ces figures douteuses que l'on peut en déterminer la nature,
» il ne serait permis en aucun cas de conclure de leur similitude à leur
» identité. «

(1) E. VAN BENEDEN : l. c., Pl. XIX^ter, FIG. 15.

Nous ne savons si, parmi nos formes parallèles, il n'en est pas qui soient identiques à la » Tonnenform « de FLEMMING; nous avons nous-même soupçonné, on vient de le lire, que *cette forme pourrait se produire directement au début de la cinèse par le soulèvement médian des bâtonnets jumeaux rattachés par leurs extrémités.* Mais il nous paraît certain que la plupart d'entre elles sont différentes. En effet, dans les figures de FLEMMING, — comme dans celle de VAN BENEDEN mentionnée dans le passage précédent, — les anses sont continues; lorsque les bouts sont détachés à l'équateur elles forment des U qui s'éloignent vers les pôles, la courbure en avant, à la façon ordinaire. Dans nos formes parallèles, les bâtonnets, coupés aux extrémités, se retirent vers l'équateur, où ils subissent généralement la division, et c'est seulement alors que les nouvelles moitiés entrent en ascension polaire. Pour admettre l'identité de ces formes avec celle de FLEMMING, il faudrait admettre en même temps que les anses de sa figure se scindent à leur courbure, près des pôles, avant que la « *Metakinese* » ne soit achevée, et reviennent ensuite vers l'équateur pour y subir tous les phénomènes subséquents de la cinèse ordinaire. En définitive donc la première cinèse ne s'achèverait pas; elle cesserait à la dislocation de la couronne, et une nouvelle cinèse recommencerait immédiatement sur le même fuseau. Si les choses se passaient de la sorte, les variations n'en seraient, certes, ni moins grandes, ni moins singulières! On serait, en outre, obligé de reconnaître l'existence d'une division transversale véritable, au sommet de toutes les courbures des anses; ce qui serait en opposition manifeste avec les idées et la théorie de FLEMMING.

Sans vouloir nier la possibilité d'un pareil processus, nous croyons cependant que le mode de formation des figures parallèles chez les arthropodes est beaucoup plus simple. On peut admettre que ce mode est double.

a) Dans certains cas, nombreux selon nous, elles naissent à la façon tant de fois décrite dans notre *Cytodiérèse*, et rappelée dans le passage que nous venons de reproduire sur la forme en tonnelet du *Filaroïdes mustelarum*. Le lecteur qui voudrait jeter un coup d'œil sur les PL. III, FIG. **78** à **80**, PL. IV, FIG. **113** à **118**, FIG. **134** à **140**, et sur la FIG. **246** du filaroïde, en saisirait immédiatement toutes les étapes, depuis le noyau au repos et la scission parallèle du boyau jusqu'à la formation de la couronne équatoriale. Nous n'insisterons pas davantage, ce mode ayant été suffisamment décrit antérieurement, par exemple chez les coléoptères, p. 270 et 271.

b) Les mêmes figures pourraient avoir une autre origine.

Qu'on se rappelle l'explication donnée plus haut des images de l'*Ascaris clavata*, FIG. **14** et **1**; FIG. **15**, **16** et **17**; FIG. **36**, **39** et **38**. On peut penser, avons-nous dit p. 262, à propos de la première figure, que les tronçons issus de la forme pelotonnée subissent d'abord la division incomplète, c'est-à-dire qu'ils s'ouvrent par une extrémité et se transforment en un bâtonnet plus ou moins long et irrégulier. Que ces bâtonnets viennent à s'étendre sur les filaments du fuseau naissant, et l'on aura une forme parallèle, ou en tonnelet, plus ou moins parfaite, suivant la longueur et l'extension des éléments nucléiniens, ou du fuseau lui-même. A partir de ce moment, elle ne pourrait plus être distinguée des formes parallèles du premier mode, *a*).

Nous admettrions volontiers que ce nouveau mode de formation des formes parallèles existe aussi chez les arthropodes; malheureusement nous n'avons pu jusqu'ici en recueillir que des indices peu nets, en revoyant nos anciennes préparations.

Inutile de rappeler que la division équatoriale transversale, lorsqu'elle se marque sur ces sortes de figures, peut être considérée(1), au même titre que celle des » *Tonnenfiguren* « de FLEMMING, comme l'achèvement d'une division longitudinale antérieure(2). Seulement la séparation s'y fait à un endroit unique, au milieu d'un bâtonnet véritable, et non en deux points, à l'équateur d'un anneau ellipsoïdal allongé; les deux extrémités du bâtonnet étaient en effet libérées avant la formation de la figure. C'est d'ailleurs cette dernière circonstance qui fait que les diverses images cinétiques de ce mode sont toutes différentes de celles de l'*heterotypische Form* de la salamandre. Les partisans de termes techniques trouveraient sans doute que l'on peut dénommer ce nouveau type avec autant de raison que FLEMMING a baptisé les siens.

Nous venons de voir que, dans certains cas, la scission équatoriale transversale peut être envisagée comme le complément d'une division longitudinale antérieure. Cette interprétation peut-elle être généralisée? Nous ne le pensons pas. Jusqu'à preuve du contraire, nous admettrons, par exemple, que la division longitudinale ne se manifeste pas chez l'écrevisse et la scolopendre dans la forme pelotonnée. Dans les cas semblables, qui sont peut-être plus nombreux qu'on ne le pense, la scission équatoriale doit être considérée comme une division transversale autonome.

(1) Nous l'avons déjà fait observer dans notre mémoire sur l'ophiostome, p. 34 et 35.

(2) Cette question a été traitée ci-devant, p. 372 et 373.

S'il est vrai que la scission équatoriale de la seconde cinèse polaire, chez les *Ascaris clavata* et *lombricoïdes*, complète la division longitudinale commencée dans la figure précédente, le caractère de cette scission dans la première cinèse demeure incertain; jusqu'ici l'analogie seule permet de l'assimiler à celle de la seconde. On a vu que Boveri considère la division équatoriale chez l'*Ascaris lombricoïdes* comme une véritable division transversale, qui se marque déjà dans la vésicule avant la formation de la figure.

D'ailleurs nous nous sommes demandé bien souvent, en étudiant l'*Ascaris clavata*, s'il y avait une différence si marquée entre une scission qui achève une division antérieure et une scission transversale proprement dite. Les bâtonnets s'ouvrent à un bout; les deux lobes se séparent et se rectifient en prenant la forme d'un bâtonnet plus mince et plus long, semblable aux tronçons simples ordinaires, et qui se conduira comme ceux-ci jusqu'à la scission transversale à l'équateur de la figure suivante. D'abord, est-il bien certain qu'un processus semblable doive être identifié à une division longitudinale? On pourrait dire, peut-être avec autant de raison, qu'il a pour but de produire un seul bâtonnet mince et allongé, qui subira plus aisément la division transversale. Ensuite quelle différence y a-t-il, quant à la scission elle-même, entre un bâtonnet simple et un bâtonnet formé de deux moitiés qui se confondent et qui n'ont jamais été séparées? Aucune. Aussi, le lecteur aura remarqué que nous nous sommes contenté de dire, p. 273, que la segmentation transversale *pouvait* être considérée chez cet ascaride comme le complément d'une division longitudinale antérieure.

Dans l'«heterotypische Form » de Flemming les choses se passent autrement; néanmoins on pourrait aussi élever des doutes sur le caractère de la scission transversale dans cette forme.

D'après Flemming la division longitudinale des » Knäuelstadien « est d'abord complète, aussi complète que dans l'autre forme (1). Mais les bâtonnets jumeaux se soudent ensuite bout à bout, pour former des sortes d'anneaux irréguliers, ondulés, etc., mais fermés. Plus tard, à la fin de la » Metakinèse, « les anneaux se brisent à l'équateur, et Flemming considère cette *nouvelle* séparation comme l'achèvement de la première division qui a été *complète* en son temps.

On pourrait contester la justesse de cette interprétation.

(1) Flemming : Voir son tableau schématique, pl. XXVI, B. 1, 2, 3, 4.

Que l'on suppose deux fers à cheval, soudés par leurs talons en anneau complet, et que l'on isole de nouveau en brisant les soudures; viendra-t-il à l'esprit d'affirmer que cette cassure est l'achèvement de leur séparation antérieure? La rupture transversale est une opération nouvelle, déterminée par la soudure qui est intervenue. Il en est de même dans la » Tonnenform « de Flemming. On pourrait très bien considérer la rupture équatoriale des anneaux comme une division transversale véritable : phénomène secondaire, indépendant de la division antérieure et devenu nécessaire par un autre phénomène secondaire, la soudure des bâtonnets jumeaux après leur division. On pourrait comparer cette soudure à celle qui a lieu entre les bâtonnets, lors de la reconstitution de l'élément nucléinien dans les noyaux nouveaux; et la scission transversale des anneaux, à la scission du boyau pelotonnée au début de la cinèse suivante, scission qui a pour but d'isoler de nouveau les tronçons et de ramener le noyau à l'état où il se trouvait à l'issue de la division antérieure.

Ensuite nous ne pouvons trouver, ni sur les figures, ni dans la description de Flemming, la preuve jusqu'à suffisance de ce fait : que la scission équatoriale aurait toujours lieu dans les soudures. Les anneaux sont d'abord tout à fait homogènes; plus tard seulement apparaissent les nœuds ou » Knoten, « et cela aux endroits soudés, d'après Flemming. Or, en exécutant leurs mouvements, avant, pendant et après la forme » Aster, « les anses des anneaux homogènes pourraient, sans qu'on puisse s'en apercevoir, se soulever par leur partie soudée, aussi bien que par leur partie médiane. Dès lors, leur position serait renversée; les soudures regarderaient les pôles dans la » Tonnenform, « et les nœuds équatoriaux se trouveraient au milieu des anses primittves, et marqueraient simplement l'endroit ou la division va se faire. S'il en était ainsi, — et Flemming ne nous paraît pas avoir établi le contraire, — la scission équatoriale serait une division transversale véritable.

Flemming appuie son interprétation de la » Tonnenform « sur l'apparition de figures semblables pendant la dislocation de la couronne. Cette similititude n'est qu'apparente. Dans la couronne, les bâtonnets jumeaux se soulèvent par leur milieu, et se détachent insensiblement jusqu'aux extrémités qui sont les dernières à s'isoler. Mais une fois que ces extrémités sont séparées, elles ne se ressoudent plus, les anses se retirent sous la forme de couronnes polaires. Il n'y a donc point parité entre ces figures et l'«heterotypische Form» de Flemming. Car dans celle-ci les bâtonnets, après s'être unis de nouveau, devront se porter à l'équateur pour former l'«Aster»;

puis s'ordonner parallèlement les uns aux autres pour donner naissance à la » Tonnenform. « Alors seulement les extrémités soudées se détachent. Ces phénomènes sont donc totalement différents de ceux de la dislocation de la couronne par le soulèvement progressif des anses jumelles vers les pôles, à l'aide duquel la division longitudinale se réalise pour la première fois. En résumé, on peut très bien admettre que la scission équatoriale des » Tonnenfiguren « est bien plutôt une segmentation transversale consécutive à une division longitudinale qui s'était complétée depuis longtemps, mais dont les effets avaient été neutralisés par la réunion subséquente des bâtonnets jumeaux.

La question de la division transversale est encore des plus obscures et, à notre avis, elle est loin d'être définitivement tranchée par les observations et les considérations de Flemming. Plus nous étudions les phénomènes qui se passent au sein des noyaux et de la couronne, — en variant nos méthodes et nos objets, et en employant les meilleurs objectifs apochromatiques de Zeiss, — plus nous nous mettons en garde contre les applications qui ne sont pas appuyées sur l'observation, et contre les généralisations prématurées. Notre conviction est loin d'être établie concernant l'existence et la nature de ce mode de division.

3° Nous n'avons plus que quelques mots à ajouter sur la division longitudinale des couronnes polaires. Flemming pense que, chez les arthropodes comme chez la salamandre, elle est une seconde division, et non une première division retardée, comme nous l'avons cru. Nous avons dit à la p. 295 dans quel sens nous avons parlé. Nous avons admis : premièrement, que la division *équatoriale* pouvait être différée jusqu'au stade polaire et, secondement, qu'une première division ayant eu lieu à l'*équateur*, comme c'était le cas dans l'exemple allégué par E. Van Beneden, il n'y en avait pas une seconde aux pôles chez les arthropodes.

Nous ne voyons jusqu'ici aucune raison pour revenir sur ces deux assertions.

a) Chez la salamandre, la première division se fait dans la forme pelotonnée, et non dans la couronne équatoriale; ce n'est pas du tout la même chose. Nous venons de dire aussi que l'on pourrait admettre entre cette première division et la suivante une segmentation transversale à l'équateur de la » Tonnenform. « Ce cas est donc tout différent de ceux dont nous avons parlé, en particulier de celui de la *Clubiona*, rappelé par Flemming, et où les figures en tonnelet faisaient d'ailleurs complétement défaut.

Mais, d'après notre honorable contradicteur, notre fig. **191**, Pl. V, de la *Clubiona* représenterait un stade antérieur à la couronne, et non un stade

subséquent, c'est-à-dire le retour vers les pôles; en effet, dit-il, on trouve assez souvent des bâtonnets qui sont en retard dans leur marche vers l'équateur, et alors les figures simulent celles qui marquent l'ascension polaire. Nous le savions, comme tous ceux qui se sont occupés de caryocinèse. On pourrait en trouver plusieurs exemples figurés sur nos planches, en particulier FIG. **209**, **305**, etc., et nous croyons avoir nous-même attiré l'attention sur ce point à plus d'un endroit de notre cytodiérèse. Mais comment déterminer la nature de ces figures douteuses? Par l'ensemble des circonstances: degré de développement des figures et surtout du fuseau; groupement des bâtonnets, leur aspect aux étapes antérieures, etc., en un mot, par la comparaison avec les figures des autres étapes. Que FLEMMING veuille bien nous dire s'il connaît un autre critérium; il n'en a lui-même jamais employé d'autre. Or, outre la longueur et l'étroitesse du fuseau de notre FIG. **191**, il est une circonstance que nous avons eu soin de mentionner à cause de sa valeur spéciale : l'absence de tout indice de division longitudinale dans les étapes antérieures à celles de la couronne. Ce détail aura échappé à FLEMMING, mais nous avons affirmé expressément, p. 292, que, parmi les arachnides, nous avons trouvé chez les *Tegenaria* seulement, 3 ou 4 exemples de semblables indices. Si FLEMMING avait vu les cystes dont nous avons parlé, et d'où la FIG. **191** a été extraite, il aurait sans doute été convaincu, comme nous, que cette dernière n'était susceptible d'aucune autre interprétation. En effet, d'après nos préparations, les bâtonnets, avant d'arriver au stade équatorial, ne sont jamais marqués d'un espace hyalin chez les *Clubiona*. Or, sur notre FIG. **191**, la division est en voie de s'achever; nous nous trouvons donc bien en présence d'un stade postérieur à la couronne. Mais passons sur un point dont l'interprétation dépend de circonstances que l'observateur peut seul apprécier.

On se rappelle sans doute ce qui se passe dans les œufs de l'*Ascaris megalocephala*, de la *Spiroptera strumosa*, de la *Cornilla robusta*, etc. Dans ces espèces, la division longitudinale est certainement retardée, en règle générale, jusqu'après la seconde cinèse. Or, on ne peut y constater de division longitudinale dans la vésicule, avant la formation de la première figure. Il ne peut donc y être question d'une seconde division; c'est bien la première qui se fait après la résolution de la seconde figure, à une étape voisine de celle des couronnes polaires, mais encore plus reculée. Nous avons vu également que, chez les ascarides du second type, la division équatoriale est aussi parfois remise jusqu'à la fin de la cinèse et la disparition des figures.

On ne voit pas pourquoi il n'en serait pas de même chez d'autres objets.

Ces exemples sont d'ailleurs suffisants pour montrer qu'il n'est pas *nécessaire* que chacune des moitiés de chaque bâtonnet se rende à un pôle différent, comme dans les cinèses ordinaires. La cinèse peut s'effectuer sans qu'aucune division se manifeste, et les noyaux ne s'en reforment pas moins dans ces circonstances. Nous n'avons que trop insisté sur ce point en parlant des cinèses polaires de l'*Ascaris megalocephala* et de ses congénères. Dans ces espèces, ce n'est le plus souvent qu'au sein du noyau reconstitué et redevenu quiescent que la division s'effectue. Les faits parlent plus haut que les théories, et en sont la condamnation. Flemming a beau trouver singulier, contraire à un » *Principe* (?) « que les deux moitiés des bâtonnets se retrouvent dans le même noyau, il ne changera rien à la réalité (1).

Dans l'état actuel de la science, poser en » Principe « que chacune des moitiés de chaque bâtonnet primitif est destinée à un noyau différent, n'est-ce pas commettre » *une pétition de principe* «? Car il s'agit précisément de savoir s'il y a là une loi générale et nécessaire; il s'agit surtout de le prouver. Flemming lui-même oserait-il affirmer que cette loi est réalisée dans son » homœotypische Form «? Tous les demi-bâtonnets y sont tellement brouillés à l'équateur qu'il nous paraîtrait bien difficile, pour ne pas dire impossible, de constater avec certitude la manière dont se fait leur partage. On supposerait volontiers que c'est surtout en s'appuyant sur l'analogie que Flemming a tranché cette question; une preuve rigoureuse eût été désirable.

Cette preuve serait bien plus difficile encore à fournir pour les figures dimidiées des sauterelles, en admettant même que la division longitudinale s'est effectuée, soit à l'équateur, soit dans la forme pelotonnée. Ces figures parlent plutôt dans un sens opposé. En effet la couronne s'ouvre suivant l'axe du fuseau, et chaque moitié latérale est dès lors destinée à un noyau. Pour que le prétendu » Principe « fût ici applicable, il faudrait nécessairement supposer que toutes les moitiés correspondantes des bâtonnets sont venues, comme par enchantement, se placer ensemble à droite, et toutes les autres à gauche de la couronne, avant son ouverture. Oserait-on admettre une pareille supposition, aussi gratuite que souverainement improbable? Dans ces figures, les bâtonnets primitifs, divisés ou non, sont simplement partagés en deux lots bruts, destinés chacun à un noyau nouveau. D'après nous, partout où se trouve une portion saine de l'élément nucléinien, il peut se former un noyau et, par suite, une cellule (2), et, jusqu'à présent, rien ne prouve que de pareils

(1) Flemming : L c., p. 451.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 351.

éléments seraient différents des autres, ou ne pourraient accomplir normalement leurs fonctions.

b) Chez les arthropodes nous n'avons pas constaté l'existence d'une nouvelle division dans les couronnes polaires, lorsque la division longitudinale s'était effectuée à l'équateur. Flemming est-il bien sûr que les indices d'une semblable division, signalés par E. Van Beneden chez l'*Ascaris megalocephala*, sont réels? Quant à nous, nous ne le croyons pas. » Nous n'avons jamais observé le moindre indice d'une nouvelle division longitudinale dans les couronnes polaires des nématodes que nous avons étudiés (1). Nous n'avons pas été plus heureux dans les recherches récentes que nous avons faites sur l'ascaride du cheval. D'abord, nous avons trouvé un certain nombre de couronnes équatoriales à 8 bâtonnets, au lieu de 4; il y a alors également 8 moitiés en forme d'U au lieu de 4 dans les couronnes polaires, et l'on pourrait penser qu'une division y est intervenue. En outre, lorsque les couronnes équatoriales ne possèdent que 4 bâtonnets, les moitiés étant très longues, se plissent assez souvent aux pôles sous la forme d'anses, dont on peut aisément prendre les branches très rapprochées pour les moitiés contiguës d'un bâtonnet en division longitudinale. Mais ce ne sont là que des apparences. D'après nos observations, il n'y a pas plus de division longitudinale dans les couronnes polaires de l'*Ascaris megalocephala* que dans celles des autres nématodes, durant la segmentation. Nous ne connaissons jusqu'ici aucun exemple de ce phénomène, lorsque la division longitudinale s'est déjà effectuée à l'équateur, d'après le schéma primitif de Flemming.

D.

A la suite de nos recherches sur les cinèses testiculaires nous avons formulé en ces termes notre conclusion générale (2).

» *Les phénomènes caractéristiques de la caryocinèse sont variables*; » *aucun d'eux n'est essentiel.*

» Cette assertion n'est que la conséquence logique des conclusions que » nous avons formulées, p. 325 à 352, à la suite de nos observations. « — On se rappelle le résumé qui en a été donné plus haut, p. 286-288. — » On » trouverait en effet difficilement une phase, un détail de la caryocinése qui » soit fixe et immuable. Non seulement la plupart des phénomènes s'exé-

(1) *La segmentation de l'œuf chez les nématodes*, p. 73.

(2) *La Cytodiérèse chez les arthropodes;* p. 396.

« cutent suivant des *modes* différents, et à des *moments* différents, mais » chacun d'eux en particulier peut faire *défaut*. Depuis la scission de la » forme pelotonnée jusqu'à la reconstitution du boyau nucléinien, et celle » du boyau lui-même, il n'est aucune phase qui ne puisse être sautée im- » punément.

» Cela est tellement vrai que celui qui voudrait déterminer les caractères » *essentiels* de la caryocinèse pour en donner une définition exacte, entre- » prendrait une lourde tâche. «

Nos observations sur les œufs des nématodes, loin d'infirmer cette conclusion, en fournissent une confirmation aussi éclatante qu'embarrassante pour les adversaires des variations cinétiques. Le lecteur en conviendra s'il veut parcourir l'aperçu succinct qui a été tracé de ces variations quelques pages plus haut, p. 288 et 289. Il se demandera sans doute aussi quel est le phénomène qui ne soit sujet aux changements, qui ne puisse se faire suivant des modes différents et à des moments différents, ou manquer à l'appel. Aucun d'eux — la division longitudinale ou transversale des bâtonnets ne fait pas exception — aucun d'eux n'est donc essentiel, soit en lui-même, soit dans l'ordre suivant lequel il devrait se présenter d'après le schéma de Flemming.

Cependant, tout en répudiant ce schéma, nous nous sommes bien gardé d'en méconnaître la portée. N'avons-nous pas affirmé qu'il est l'expression de la cinèse la plus complète, de la cinèse ordinaire dans divers tissus? N'avons-nous pas signalé sa réalisation dans les cellules testiculaires elles-mêmes, chez les arthropodes (1)?

Mais il n'est pas d'une application générale; il n'est donc pas la formule définitive et dernière de la cinèse. » On pourrait dès maintenant, disions- » nous, formuler divers schémas s'éloignant de plus en plus de celui de » Flemmimg.... Plus on interrogera la nature, plus on trouvera, nous en » avons la ferme conviction, que la caryocinèse n'a rien d'immuable (2). «

» C'est seulement après avoir fouillé le règne animal tout entier et les » *divers genres de cellules* qui s'y rencontrent que l'on parviendra à en (de » la cinèse) saisir le mécanisme général et les procédés intimes (3). «

Telle était la portée de nos conclusions d'autrefois; telle est celle de nos conclusions d'aujourd'hui.

(1) *La Cytodiérèse chez les arthropodes.* — Voir le résumé de nos observations à ce sujet, p. 333.
(2) Ibidem, p. 330.
(3) Voir plus haut, p. 243.

Flemming les accepte en grande partie, du moins implicitement; il les accepte plus peut-être qu'on ne se l'imaginerait à une première lecture de son travail.

D'abord son schéma primitif (1) n'est plus, à ses propres yeux, le type général, unique de la cinèse; il prend maintenant dans son nouveau tableau schématique (2) le rang plus modeste de » *gewöhnliche Mitose*. « Première concession. — Nous l'avions désigné sous le même nom à chaque page de nos publications : *cinèse ordinaire*, cinèse habituelle, cinèse vulgaire!

Il admet ensuite deux nouveaux schémas, et cela pour une seule sorte cellules, les cellules testiculaires : l'*heterotypische Form* et l'*homœotypische Form*. Deuxième concession. — Nous avions dit : les phénomènes cinétiques s'exécutent suivant des *modes* différents.

Autrefois la division longitudinale s'effectuait typiquement dans la couronne équatoriale (*Aster* de son tableau); aujourd'hui elle peut s'effectuer beaucoup plus tôt (*Spirem* du tableau). Troisième concession. — Nous avions écrit : les phénomènes cinétiques peuvent avoir lieu à des *moments* différents.

Nous avions osé dire à Flemming : cherchez et vous trouverez; sortez de vos cellules épithéliales, etc., et vous rencontrerez toutes sortes de variations. Notre collègue l'a fait et, après avoir étudié *un premier* objet, il admet d'ores et déjà trois types de cinèses! Il a donc découvert des variations. Bien plus, ces variations sont assez importantes à ses yeux : » Alles dies ist gewiss » sonderbar genug, p. 449, « pour mériter l'élévation au rang de types. — Avons-nous eu tort d'affirmer que » l'on pourrait dès maintenant formuler divers schémas de la cinèse? «

Mais, ajoute Flemming, ces variations ne constituent pas des différences fondamentales. — Nous n'avions pas craint d'avancer : aucun phénomène (à plus forte raison aucune variation de ces phénomènes) n'est essentiel. —

En effet, dit notre contradicteur, les deux nouveaux types se ramènent aisément à l'ancien, il suffit d'admettre que la division longitudinale y est plus précoce, qu'elle se fait aux premiers stades de la cinèse. Parfait! mais alors Flemming admet avec nous que » la dislocation de la couronne n'est pas » essentiellement liée à la division longitudinale, « et que la division *équatoriale* rentre dans le cadre des phénomènes éventuels : c'est-à-dire, encore une fois, que le schéma typique primitf n'est plus applicable à la totalité des cinèses; — nous l'avons répété sur tous les tons. Coïncidence

(1) Flemming · *Zellsubs. Kern. u. Zellth.*, 1882, p. 195, et passim.

(2) Id. : l. c., pl. xxvi.

bizarre ! d'après les propres observations de son auteur, ce type n'est pas même applicable à une seule cinèse testiculaire de la salamandre. Nous ne nous attendions pas à une confirmation aussi piquante de l'une de nos principales conclusions.

Notre savant collègue, il est vrai, semble chercher à atténuer la portée de nos déductions en faisant remarquer que les variations signalées dans la *Cytodiérèse* ne portent, en dernière analyse, que sur les cellules testiculaires — nous pouvons ajouter : et sur les cellules ovulaires. — Admettons qu'il en soit ainsi. Nous pourrions demander à notre contradicteur si un schéma général de la caryocinèse ne doit s'appliquer aussi rigoureusement aux cellules reproductrices qu'aux autres cellules. A-t-on fait jusqu'ici une distinction entre les cellules embryonnaires, les cellules épithéliales, musculaires, glandulaires, ganglionnaires, conjonctives, les globules blancs du sang, etc. etc.? Personne n'y a songé, Flemming moins que tout autre. Car il a été le premier à les mettre toutes sur la même ligne, et à vouloir les emprisonner dans sa formule typique. Pourquoi donc réserver les cellules sexuelles qui, au point de vue général de la cinèse, sont des cellules comme les autres? Nous avouons ne pas saisir la raison de cette distinction un peu tardive, et qui semble introduite pour les besoins de la cause.

Bref, la division longitudinale équatoriale, considérée comme caractère de la cinèse en général, a fait son temps. Flemming le comprend. Aussi s'accroche-t-il exclusivement à l'*existence* de cette division : qu'elle se fasse à l'équateur ou avant la formation de la figure, elle existe toujours.

Flemming est en effet obligé de se réfugier dans ce dernier retranchement, et c'est de là qu'il nous adresse le dilemme suivant, qui lui sert en même temps de résumé.

» Donc, je résume encore une fois ici en peu de mots dans les » termes suivants les doutes que j'exprimais plus haut. Si Carnoy veut dé- » montrer les propositions qu'il avance, il doit, selon moi, démontrer d'abord » que, dans tous les cas où il suppose ses formes de la mitose qui s'écarte- » raient tout à fait du type, il ne se trouvait chez ses objets aucune division » longitudinale dans les » Knäuelstadien, « comme j'en ai indiqué chez les » miens. S'il peut démontrer cela, je reconnaîtrai volontiers que nous nous » sommes tous trompés, que » *tous les phénomènes de la caryocinèse sont* » *variables et qu'aucun d'eux ne paraît essentiel.* « Mais s'il ne peut le dé- » montrer, ses conclusions en deviennent caduques *et ne peuvent plus être*

» *prises en considération* (1); car si cette division longitudinale se produit, ses » types de la division du noyau, en apparence déviés, se ramènent sans » aucune difficulté, par le fait, dans les classes générales de la karyomitose, » comme ceux que j'ai ici décrits(2). «

Cet argument n'est que spécieux; il pèche par tous les côtés à la fois.

1° Il faudrait conclure de ces paroles de Flemming que tout, hormis l'*existence* de la division longitudinale, peut être variable, sans que les cinèses le soient en réalité; en effet, d'après lui, du moment que cette division existerait, nos conclusions ne *pourraient plus être prises en considération*. Mais n'y a-t-il donc que cette division qui compte dans la cinèse? S'il en est ainsi, pourquoi parler de Spirem, d'Aster, de Metakinese, de Dyaster, de Dispirem; pourquoi donner toutes ces étapes comme des phases régulières qui doivent être parcourues dans toute cinèse? Pourquoi aussi créer deux nouveaux types de cinèses, puisque la division longitudinale, seule chose essentielle, y existe comme dans l'ancien? Cet argument n'en imposera à personne.

Nous avons envisagé la cinèse, comme elle *doit* l'être, dans l'*ensemble* de ses phénomènes et, en nous appuyant sur une longue suite d'observations, nous avons conclu à la variabilité de chacun d'eux. Si nous avions prouvé seulement que tous ces phénomènes, sauf *un*, l'*existence* de la division longitudinale, sont variables, et par conséquent n'ont rien d'essentiel, nous aurions déjà prouvé la *majeure partie* de notre thèse. Plus qu'il n'en fallait, apparemment, pour renverser le schéma typique et forcer son auteur à en créer deux nouveaux; — sans compter ceux qui viendront par la suite! — plus qu'il n'en fallait, par conséquent, pour que nos conclusions dussent être prises en sérieuse considération, comme elles l'ont d'ailleurs été par Flemming lui-même.

2° D'après notre contradicteur, c'est à nous de prouver qu'il n'y a pas chez les arthropodes de division longitudinale dans les » Knäuelstadien; « sans cela nous n'avons rien prouvé.

Ce raisonnement est illogique.

De deux choses l'une. Ou bien la division longitudinale est essentielle à toute cinèse; ou bien elle ne l'est pas.

Si elle ne l'est pas, elle pourra varier ou faire défaut comme tous les autres phénomènes de la cinèse, et, dans ce cas, nous n'avons plus rien à prouver.

(1) Nous soulignons ces mots à dessein.

(2) Flemming : L. c., p. 455 et 456.

Si elle est essentielle, elle ne pourra jamais faire défaut. Dès lors, il nous suffira de produire *un seul* cas où cette division n'a pas lieu pour mettre à néant l'argumentation de Flemming, pour l'obliger à » reconnaître » que lui et ses partisans se sont trompés, « et que notre thèse est vraie dans toute son étendue. Nous ne devons donc pas » démontrer d'abord » que dans *tous* les cas où nous avons constaté des variations s'éloignant » de son type, il n'y avait eu aucune division dans les » Knäuelstadien, « pour que » nos conclusions puissent être prises en considération. «

Reprenons.

Le premier membre de ce dilemme reproduit notre thèse, à savoir que la division longitudinale est variable comme les autres phénomènes cinétiques.

a) Elle est variable quant au *mode*, et quant au *moment* où elle se fait. Flemming en convient avec nous, pour certains cas du moins.

Tantôt les deux moitiés se séparent de suite et entièrement; tantôt elles restent unies par les extrémités plus ou moins longtemps en produisant la forme en tonnelet; tantôt, après s'être séparées, elles se ressoudent bout à bout. Enfin, d'après nous, cette division est parfois incomplète : les bâtonnets primitifs de la couronne, et peut-être du noyau lui-même, peuvent s'ouvrir par une extrémité seulement en donnant naissance à un bâtonnet allongé et simple en apparence; ce n'est généralement que plus tard, et assez souvent dans la figure subséquente que les deux moitiés seront désunies par une scission transversale.

Ici la division se fait intégralement dans la couronne équatoriale; ailleurs elle s'y achève seulement; elle peut même s'effectuer en totalité dans le stade pelotonné. Nous avons montré, en outre, que cette division est parfois retardée : elle se fait alors à l'étape des couronnes polaires, ou après la résolution de la figure, ou même après l'achèvement du nouveau noyau dans les cinèses des œufs. Lorsque la division a lieu au premier stade de la cinèse, comme chez la salamandre, une seconde division peut intervenir également dans les couronnes polaires de la même figure.

On rencontre aussi des figures sur lesquelles deux divisions sont en voie de s'exécuter en même temps, soit dans la couronne équatoriale, soit, plus rarement, après la disparition de la figure.

L'étendue et l'importanee de ces variations ne sauraient être méconnues; elles accusent une mobilité aussi grande dans la division longitudinale que dans les autres phénomènes cinétiques.

b) Mais il y a plus : la division longitudinale peut aussi *faire défaut.*

Flemming nous demande de prouver que, dans les cellules testiculaires des arthropodes, la division longitudinale n'a pas lieu dans la « Knäuelform. » Nous avons relaté plus haut, p. 293, les observations positives qui ont été faites à ce sujet chez la forficule et l'agrion, mais surtout chez l'écrevisse et la scolopendre : nous n'y avons pas remarqué cette division. Nous avons conclu de nos études sur ces deux dernières espèces, que la division transversale qui se manifeste dans la couronne ne doit pas être considérée comme l'achèvement d'une division longitudinale antérieure. Celle-ci ferait donc défaut chez ces animaux dans les cas, assez nombreux du reste, qui ont été soumis à notre observation. On se rappelle ce que nous avons dit plus haut, p. 302 et 303, concernant les incertitudes qui règnent encore sur la nature et l'existence de la division transversale, et les doutes que l'on pourrait soulever au sujet de l'interprétation de la » Tonnenform « de Flemming.

Mais c'est surtout chez l'*Ascaris megalocephala*, la *Spiroptera* et leurs congénères, que l'absence de toute division est frappante. Dès la scission de la forme pelotonnée on constate la présence de 8 bâtonnets; ce nombre restera fixe jusqu'après la seconde cinèse. C'est pourquoi nous n'avons pas craint d'affirmer que jamais la division longitudinale ne s'effectue, malgré les indices fréquents qui s'en présentent, ni dans la vésicule germinative avant la formation de la première figure, ni dans la couronne équatoriale, ni à une autre étape des *deux* cinèses subséquentes. C'est seulement après la résolution de la seconde figure, et, le plus souvent, après la reconstitution du noyau définitif de l'œuf qu'elle se manifeste. « Nous n'avons jamais ob- » servé la division longitudinale dans la figure elle-même; elle a toujours » lieu après l'effacement de cette dernière et son retour à l'état quiescent. » On pourrait donc affirmer qu'elle n'a rien à faire avec la cinèse proprement » dite (1) «.

Ainsi, dans ce groupe, les deux cinèses polaires se déroulent sans la moindre division longitudinale; *celle-ci n'est donc pas essentielle* à la cinèse. Par là s'écroule l'argumentation de Flemming. Nous sommes donc autorisé à maintenir notre conclusion générale dans son intégrité : » *Tous les phéno-* » *mènes caryocinétiques sont variables; aucun d'eux ne paraît essentiel.* «

Sans aucun doute, nous pouvons nous tromper, mais nous avons apporté à l'appui de nos assertions des observations soigneuses et positives;

(1) *La vésicule germinative et les globules polaires chez divers nématodes;* p. 53.

c'est à Flemming qu'il incombe de les réfuter par des observations aussi sérieuses, plutôt que par des applications analogiques, ou des points d'interrogation.

A chacune de ses nouvelles recherches, notre collègue bat en retraite, et corrige ses schémas. Cela prouve en sa faveur, mais en même temps cela nous donne l'espoir qu'il n'en est pas encore arrivé à son dernier mot. Nous nous sommes permis de signaler à son attention, dans les pages qui précèdent, un certain nombre de types nouveaux et dignes d'intérêt; lui-même avoue d'ailleurs qu'il ne peut faire rentrer dans les siens certaines figures qu'il a découvertes chez la salamandre. Aussi avons-nous la ferme conviction que sa formule actuelle ne restera pas plus que l'ancienne. Il dit aujourd'hui :

La division longitudinale est essentielle à la cinèse, seulement elle peut se faire dans la forme pelotonnée aussi bien que dans la couronne.

En laissant même de côté la question de la nécessité de cette division, il est certain pour nous que cette formule est déjà insuffisante et fautive. Il faudrait dire, dès maintenant :

a) La division longitudinale peut s'effectuer à n'importe qu'elle étape de la cinèse : dans les couronnes polaires, après la résolution de la figure ou au sein du *noyau reformé* (1), aussi bien qu'à l'équateur ou au stade pelotonné;

b) L'achèvement de cette division peut être retardé jusqu'après la cinèse, et même jusque dans la cinèse suivante;

c) Enfin, — si nos observations sur l'élaboration du noyau spermatique au sein des œufs sont exactes, — la division longitudinale peut s'effectuer dans un noyau *qui est au repos depuis longtemps*; la présence de ce mode de division ne serait donc même pas *caractéristique* des phénomènes cinétiques proprement dits (2).

---

(1) « C'est seulement au sein du noyau reformé et, par conséquent, peut-on dire, en dehors de « toute cinèse, que cette division s'effectue. Nous disons en dehors de toute cinèse, dans un noyau au « repos; car tout le monde admet que la cinèse est achevée lorsque les nouveaux noyaux sont pourvus « de leur membrane. S'il pouvait rester quelque doute à cet égard, qu'on veuille bien se reporter à « ce que nous allons dire du noyau spermatique; celui-ci n'est pas entré en cinèse au sein de l'œuf, « ni même depuis la formation du spermatozoïde, et il n'y entrera pas de sitôt. Comme le noyau « ovulaire, il devra en effet subir une série de transformations, et passer par la forme pelotonnée « avant de subir ce phénomène. » — *La vésicule germ. et les glob. pol. chez quelques nématodes*, p. 17.

(2) « Le travail qui s'opère dans le noyau (spermatique), après la division longitudinale de ses « bâtonnets primitifs, consiste uniquement dans l'élaboration d'un filament, d'un réticulum chromatique « si l'on veut, à l'aide des quatre ou des huit bâtonnets qui résultent de cette division, c'est à-dire que « ce travail est identique à celui qui suit toute division cinétique, et qui se fait pendant la reconstitution « des noyaux nouveaux. » — *Ibidem*, p. 18.

Causes des variations.

Pourquoi s'étonner de ces variations? Leur absence devrait surprendre davantage, car tous les phénomènes biologiques sont soumis aux fluctuations et aux changements. S'il est vrai que l'on ne saurait trouver deux cellules identiques, il est vrai à plus forte raison que les phénomènes biologiques ne se ressemblent jamais au point de se copier servilement. C'est pourquoi la comparaison est le procédé fondamental de l'observation cytologique (1).

On doit chercher la raison de cette mobilité dans la complexité même de l'organisme cellulaire, tant au point de vue physique et chimique qu'au point de vue organique. Plus cette complication est grande, plus est grande aussi l'instabilité des éléments, et par conséquent leur sensibilité vis-à-vis des milieux et des agents extérieurs. L'influence des milieux sur les phénomènes biologiques se conçoit d'autant mieux, et est d'autant plus prononcée que la cellule doit y puiser constamment de nouveaux matériaux pour réparer ses pertes, et y déverser ses produits de rebut, issus de la désassimiliation. Il y a entre la cellule et le milieu un double échange osmotique continuel, grâce auquel seulement son organisation et sa vitalité peuvent se soutenir. On conçoit donc que les moindres variations dans le milieu rejaillissent sur les phénomènes cellulaires.

Or rien de plus sujet aux changements que les plasmas qui baignent les cellules d'un animal complexe, car leur composition dépend à chaque instant, non seulement de la nutrition en général, mais de mille circonstances particulières : qualité et quantité variables des principes absorbés, ou des principes rejetés; réaction de ces derniers sur les autres substances, etc. On peut dire que dans un même tissu chez un animal donné, on trouverait difficilement deux cellules dont les conditions de vie sont identiques. Il en est de même, à plus forte raison, d'un tissu à l'autre et d'un animal à l'autre (2). Il est donc tout naturel d'admettre que les cinèses, aussi bien que les autres phénomènes biologiques subissent des modifications plus ou moins profondes, non seulement d'individu à individu, mais de cellule à cellule. Les expériences des frères Hertwig, que nous avons déjà rappellées plus d'une fois (3), fournissent d'ailleurs la preuve expérimentale des variations cinéti-

(1) Voir plus haut, p. 230 et 231.

(2) Voir ce que nous avons dit plus haut au sujet des variations individuelles, p. 278 et 279, en parlant de la normalité des figures.

(3) Voir plus haut, p. 279.

ques sous l'influence des milieux. On objectera peut-être que les phénomènes présentés par les œufs d'oursin sont des phénomènes pathologiques; en effet les œufs ont été placés dans des milieux anormaux.

Sans doute. Mais ces expériences n'en démontrent pas moins que les plus légères modifications introduites dans la composition du milieu retentissent immédiatement sur tous les phénomènes cinétiques et y déterminent les modifications les plus considérables.

Théorie générale de la cinèse.

Du reste on ne peut se désintéresser des phénomènes pathologiques dans une étude générale des cinèses, car les anomalies ou les cas pathologiques ne peuvent être essentiellement différents des cas normaux. On doit en effet envisager les déviations de la cinèse comme on envisage aujourd'hui les maladies, c'est-à-dire comme de simples modifications du type normal.

» Les maladies, dit Samuel après Virchow, ne sont autre chose que des » modifications des processus physiologiques normaux, et ces modifications » ne peuvent s'étendre que jusqu'à une certaine limite. Les déviations du » type normal ne sont conséquemment jamais assez accentuées ni assez » complètes pour former un nouveau type..... Le nombre des modifications » possibles est en somme restreint, il n'existe donc nulle part un type nou- » veau et indépendant(1). « Quelques lignes plus haut, le même savant avait pris soin de définir nettement ces modifications. » Le trouble, disait-il, se » produit la plupart du temps de la façon suivante : des changements, des » phénomènes, des processus qui, à l'état normal, s'accomplissent à une » place, à un endroit déterminé, se manifestent à une autre place, à un autre » moment, ou avec une intensité anormale, « c'est-à-dire restant en deça ou allant au-delà de l'intensité ordinaire, en d'autres termes, par défaut ou par excès.

Or, nous avons vu que les phénomènes cinétiques sont soumis à de nombreuses variations; qu'ils s'excutent suivant de modes différents, à des moments différents, et qu'ils peuvent faire défaut.

D'abord, qui nous dira quand ces variations cessent d'être normales pour devenir anormales ou pathologiques? Personne n'oserait entreprendre une pareille tâche. Ensuite ce qui est normal pour un animal ou pour un tissu peut être anormal pour un autre animal ou pour un autre tissu, et vice-

(1) S. Samuel : *Handbuch der allgemeinen Pathologie*, 1879, p. 5.

versa (1). Ainsi, d'après nos observations, les cinèses polaires typiques des *Ascaris lombricoïdes et clavata* seraient anormales chez l'*Ascaris megalocephala*. Flemming considère comme pathologiques les figures multipolaires; cela peut être vrai pour la salamandre, en ce sens que dans la grande majorité des cas les cinèses testiculaires s'y présentent avec d'autres figures. Mais ailleurs les figures multipolaires sont tout à fait normales; c'est le cas, par exemple, pour les cellules géantes de la moelle des mammifères (2). En outre, étant données les modifications, souvent bien minimes, qui déterminent l'apparition d'un tissu pathologique, ce qui était anormal auparavant y devient normal; J. Denys, notre savant collègue, nous a montré récemment des préparations d'une métastase dans le foie d'un cancroïde de l'œsophage, dans lesquelles les figures multipolaires, identiques à celles de la moelle, étaient tellement nombreuses qu'elles y formaient la règle. Il serait parfois difficile d'ailleurs de déterminer avec certitude quelle est la forme normale dans un tissu. Quelle est cette forme dans les cellules testiculaires de la salamandre? Est-ce l'« homœotypische » ou l'« heterotypische »? Est ce l'une et l'autre? On pourrait soutenir aussi que ce n'est ni l'une ni l'autre; la forme typique faisant défaut, on n'y trouverait que des formes anormales ou déviées. Mais alors où s'arrêter?

Il résulte de ces considérations que l'on ne peut séparer les formes anomales, anormales ou pathologiques — le nom importe peu — de celles qui sont regardées comme normales et typiques. La question de la normalité des figures, qui a été traitée précédemment (3), n'a donc pas, dans une étude scientifique et comparée de la cinèse, l'importance exclusive qu'on est trop tenté de lui attribuer.

Une théorie générale de la cinèse doit pouvoir s'adapter à toutes les formes, normales ou anormales, et en fournir l'explication. La science est loin d'être arrivée à ce point désirable; elle en est encore à la période d'élaboration. Le devoir du savant est tout tracé : recueillir et analyser. L'heure de la synthèse n'est pas encore venue.

II. Terminologie.

Flemming en vient ensuite à notre terminologie, p. 457 à 460 de son travail.

(1) Voir plus haut, p. 282, nos observations sur le même sujet.

(2) Voir plus haut. p. 282.

(3) Voir plus haut, p. 274 à 285.

En apparence, dit-il à plusieurs reprises, elle est plus simple que la sienne; il va même jusqu'à nous accorder que nos dénominations : couronnes équatoriales, couronnes polaires, sont élégantes : » dass die Ausdrücke sehr hübsch klingen und sehr einfach verwendbar erscheinen um die Bezeichnung abzukürzen « : c'est déjà quelque chose. Seulement il trouve que sa terminologie va plus au fond des choses et exprime mieux la nature des phénomènes, et qu'à force de raccourcir les expressions on en vient à nuire à l'intelligence des diverses étapes de la cnièse, » aber es wird damit die Abkürzung soweit getrieben dass das Verständniss der Formen darunter leidet. «

Nous nous garderons bien de chercher querelle à notre savant collègue. Qu'il nous permette seulement de mettre notre terminologie en regard de la science, en laissant au lecteur le soin de les apprécier.

A) En ce qui concerne la *division en général*, nous nous servons des termes suivants :

Division;

Division cellulaire;

Division nucléaire, division plasmatique;

Division cinétique et division acinétique.

Ou bien, avons-nous ajouté, p. 408 et 409, si l'on juge *utile* de se servir de termes techniques :

Diérèse;

Cytodiérèse;

Caryodiérèse, plasmodiérèse;

Cinèse, sténose;

Caryocinèse, caryosténose;

Plasmocinèse et plasmosténose.

Cette terminologie est logique et forme un ensemble coordonné; elle est simple et compréhensible. Les radicaux *cyto* et *caryo* se trouvent dans tous les livres; tout le monde connaît la cinétique, branche de la mécanique qui traite du mouvement, et le mot sténose est employé depuis longtemps en médecine pour signifier un étranglement. Il suffit donc de savoir que diérèse est synonyme de division pour s'orienter immédiatement et sans peine dans notre phraséologie. Mais répétons-le, pour que personne, ni Flemming, n'en ignore plus, nous ne jugeons pas ces termes techniques nécessaires; Ils nous paraissent convenables, leur sens est obvie; on peut donc s'en servir commodément pour varier l'expression et éviter les longueurs dans les descriptions.

A ce propos, notre collègue allemand voudra bien nous permettre de relever une de ses phrases. En parlant du mot cytodiérèse, accepté par nous, il écrit : « Carnoy's wort für Zelltheilung « Cytodiérèse » (ursprünglich, wenn ich recht erinnere, von Henneguy eingeführt). » A la lecture de ces mots, certains esprits, moins bien disposés que Flemming, pourraient s'imaginer que nous avons fait nôtre le bien d'autrui. Il n'en est rien cependant. Les premières lignes de notre paragraphe sur le mot cytodiérèse, p. 408, sont ainsi conçues : « Si l'on juge utile d'employer un mot particulier pour dési-« gner la division en général, le mot *cytodiérèse*, proposé par Henneguy, « (*Note sur la division cellulaire*; Congrès de la Rochelle, 1882, tiré à part, « p. 6), nous paraît heureusement choisi. » Comment Flemming a-t-il pu conserver ses doutes, en lisant ce passage?

La terminologie de Flemming est la suivante :

Theilung;

Zelltheilung;

Kerntheilung (il pourrait ajouter : Plasmatheilung);

Mitose (il faudrait aussi Amitose);

Mitotische Theilung, amitotische Theilung;

Karyomitose (il faudrait également Plasmamitose);

Enfin, pour achever sa série, Flemming devrait dire encore : Karyo-amitose et Plasma-amitose.

La nomenclature de Flemming, telle qu'il la donne, est donc tout à fait incomplète et, pour la compléter, en restant conséquent, il devrait employer des termes dont le moindre défaut serait de manquer d'élégance, et qui risqueraient peut-être d'être rejetés par les savants. Mais passsons.

Notre honorable contradicteur tient surtout à son mot « Mitose » qui serait, d'après lui, bien préférable au mot « cinèse »; il tient autant aux expressions : division mitotique et division amitotique, car ce sont surtout là, paraît-il, les mots privilégiés qui en disent long sur l'essence des choses : « weil sie mehr über das Wesen der Sache aussagen » !... N'en déplaise à Flemming, nous ne pouvons trouver dans ses termes cette valeur cachée qu'il y découvre. Ils manquent de clarté et ont besoin d'être définis. La définition elle-même qu'en donne leur auteur correspond-elle à leur étymologie? On pourrait le contester. Le mot μιτος signifie fil ou trame; le mot μιτωσις, action de réduire en fil. Or c'est précisément pendant la cinèse, ou mitose, que l'*élément fondamental* du noyau, et par conséquent des figures cinétiques, le boyau nucléinien, perd sa qualité de filament; il se scinde en

tronçons, souvent très courts, et c'est seulement après la cinèse qu'il reprend son aspect filoïde! Plus on va *au fond des choses*, plus on trouve que le mot mitose est mal appliqué. Il faut vraiment savoir que FLEMMING désigne par là l'ensemble des figures cinétiques de la « Kernsubstanz » (1) pour en saisir la signification. On trouvera peut-être comme nous que le mot « cinèse », créé par SCHLEICHER et qui a le droit de priorité sur le mot mitose, est beaucoup plus topique, et exprime mieux l'essence des phénomènes, c'est-à-dire l'état dynamique du noyau; conséquemment, que les expressions : division cinétique et division acinétique sont plus significatives et plus justes que celles de division mitotique et amitotique.

Mais, répond FLEMMING, le terme division acinétique est impropre, car ce mode de division n'est pas dépourvu de mouvements. C'est pousser le scrupule un peu loin. Certes dans toute division acinétique il y a mouvement. Qui a jamais songé à le nier? Ce n'est point nous assurément, qui avons inscrit la thèse suivante dans notre *Cytodiérèse*, p. 339 : » *On découvre dans les noyaux en voie de division acinétique divers changements ou mouvements, qui rappelle ceux de la caryocinèse.* « N'y eût-il que le simple étranglement que subissent le noyau et la cellule, il y aurait déjà mouvement. En plaçant la division acinétique en *regard* de la division cinétique on veut dire simplement qu'elle est dénuée de cette série de mouvements qui amènent la formation régulière des figures, voilà tout. Personne ne s'y trompera. N'est-ce pas ainsi d'ailleurs que FLEMMING lui-même distingue sa division amitotique de l'autre?

Il en est de la division comme de tout autre phénomène biologique : les diverses étapes en sont reliées par des transitions insensibles. Mais, au témoignage même de FLEMMING, ce n'est pas une raison suffisante pour négliger de dénommer les étapes principales. C'est ce que nous avons fait. Et si notre honorable contradicteur veut bien nous permettre de lui emprunter une comparaison tirée des phases lunaires et qu'il semble affectionner, nous dirons : la *cinèse*, c'est la lune en son plein, avec sa figure éclairée, la *sténose* c'est la lune nouvelle avec son visage sombre et effacé. Mais ces deux phases sont rattachées par une multitude de figures intermédiaires, toujours changeantes, dont il est permis de ne pas tenir compte, étant donné le but proposé : celui de distinguer les deux termes extrêmes d'un phénomène aussi complexe.

(1) FLEMMING, l. c., p. 458 : « Ich nenne die Kerntheilung, so weit sie mit Bildung regelmässiger Faden-« figuren der Kernsubstanz verläuft, kurz *Mitose*. »

Ce n'est point tout.

B) Il est nécessaire aujourd'hui de nommer les différentes étapes de la cinèse, ou de la mitose. Fidèle à notre principe de bannir les termes techniques inutiles, nous disons :

Scission du boyau, ou du peloton;

Couronne équatoriale;

Ascension polaire;

Couronnes polaires;

Reconstitution du noyau.

Flemming se sert des termes suivants :

Spirem;

Aster;

Metakinese;

Dyaster;

Dispirem.

Nous parlons notre langue, pour être compris sans difficulté de tout le monde; le professeur de Kiel se sert de mots techniques. Affaire de goût. Chose curieuse cependant! il répudie le terme de cytodiérèse parcequ'il est superflu : pour nous, dit-il, nous avons notre » Zelltheilung. « Fort bien; mais alors soyons conséquents, et n'allons pas à tout propos et inutilement fouiller le dictionnaire grec! Les allemands, dont la langue est si riche, n'ont-ils donc dans leur vocabulaire de mots convenables pour désigner les diverses étapes de la cinèse? Il y a là contradiction.

Nous avouons d'ailleurs ingénument qu'il nous est impossible de comprendre en quoi et comment les termes proposés par notre collègue expriment mieux la nature des phénomènes : comment, par exemple, » Metakinèse «(1) est plus significatif que » dislocation de la couronne «, ou » ascension polaire «; comment » Aster et Dyaster « disent plus et mieux que » couronne équatoriale » et « couronnes polaires ». Le choix de ces derniers termes de Flemming nous paraît d'ailleurs malheureux, car ils sont appliqués depuis longtemps aux rayons étoilés qui naissent dans le cytoplasme, et couronnent les pôles de la figure cinétique proprement dite; on ne peut les détourner de cette signification, généralement acceptée aujourd'hui, sans introduire la confusion dans la science.

(1) Flemming rejette le mot cinèse, et cependant il s'en sert pour former ce mot composé : il devrait dire « metamitose », semble-t-il. Ce ne serait ni plus clair, ni plus élégant.

Une chose est certaine, c'est que ces termes grecs, appliqués à la cinèse, sont loin d'être clairs; ils ont besoin d'une définition pour devenir intelligibles. Flemming lui-même déplore que nons n'ayons, pas plus du reste que plusieurs de nos prédécesseurs, saisi le sens voilé de ses termes. Franchement si sa terminologie est si difficile à comprendre, on ferait peut-être bien d'y renoncer et de chercher mieux.

Elle est en tout cas très inutile.

Nous sommes d'autant moins disposé à abandonner nos expressions vulgaires et à accepter la terminologie de Flemming, que notre savant collègue vient d'introduire encore deux nouveaux termes techniques, dont l'utilité ne nous est nullement démontrée. A côté de son schéma primitif, ou type ordinaire de la cinèse, nous en aurons maintenant deux autres : l'*homœotypische Form* et l'*heterotypische Form*. A notre avis, c'est embrouiller les choses les plus simples par de longs mots malsonants qui, pris en eux-mêmes, c'est-à-dire abstraction faite du sens qu'on veut bien leur attribuer, n'apportent aucune idée à l'esprit, *en ce qui concerne les phénomènes cinétiques*. Nous ne trouvons rien à retrancher à ce que nous avons écrit à ce sujet en 1885 (1). « La caryodiérèse est complexe et variable dans ses allures. Convient-il de » donner un nom aux diverses modifications qu'elle présente? Il semble que » non. Car où s'arrêter si l'on entre dans cette voie? Et puis, à quoi bon » cette multiplicité de termes techniques qui, ne s'appliquant généralement » qu'au cas particulier étudié par leur inventeur, tombent aussitôt en désu- » étude? Ils ne font qu'encombrer la littérature scientifique. Le langage » ordinaire suffit pour désigner toutes les nuances qui seront remarquées. »

Nous ne pouvons accepter davantage les expressions de *Prophase*, *Metaphase* et *Anaphase*, créées par Strasburger. « En français elles ne » sont ni nécessaires ni utiles. On dirait tout aussi bien, et mieux peut-être, » première phase, seconde phase, troisième phase (2) ». Ou encore : phase initiale, phase équatoriale, phase polaire ; expressions qui marquent d'une manière plus explicite la nature de ces diverses étapes, et qui sont immédiatement comprises. Ensuite, telles qu'elles sont définies par leur auteur, ces diverses phases ne nous paraissent pas correspondre à la marche naturelle des phénomènes (3).

(1) *La Cytodiérèse chez les Arthropodes*, p. 408.

(2) L. c., p. 251.

(3) L. c., p. 250

Quoi qu'en dise Flemming, l'analyse attentive des mouvements cinétiques conduit à y distinguer seulement deux phases principales : la première s'étend jusqu'à la formation de la couronne équatoriale; la seconde va depuis la dislocation de la couronne jusqu'à la reconstitution des noyaux. Cette division est indiquée par la nature même de la cinèse. La cinèse a pour but le partage de l'élément nucléinien en deux portions égales, afin d'assurer l'égalité des noyaux nouveaux (1). Or, tous les mouvements qui s'exécutent d'abord ont pour but de *préparer* ce partage, en amenant un nombre pair de tronçons égaux à l'équateur du fuseau, d'où ils pourront ensuite descendre, moitiés par moitiés, vers les deux pôles : la première phase est donc une *phase préparatoire*. Dans la seconde, le partage *s'effectue* à l'aide d'une seconde série de mouvements : — dislocation de la couronne, avec ou sans division, retour des éléments, formation des couronnes polaires — que l'on pourrait résumer sous le vocable d'*ascension polaire*, et à la suite de laquelle les noyaux se reforment et s'achèvent.

Cette seconde phase est plus complexe que la première; on y reconnaît sans peine deux catégories de mouvements. Les uns sont des *mouvements de translation*; ils se continuent jusqu'à l'achèvement des couronnes polaires : de même que la couronne équatoriale termine les mouvements de la première série, de même les couronnes polaires terminent ceux de la deuxième; aussi les deux sortes de couronnes sont-elles suivies d'un moment d'arrêt. Les autres sont plutôt des *mouvements instestins* qui s'exécutent au sein des couronnes polaires et dans le cytoplasme environnant. Ils ont pour but, non plus le partage de l'élément nucléinien, car ce partage est terminé, mais la reformation des nouveaux noyaux; ils constituent une phase qu'on pourrait appeler *consécutive*. Si l'on veut scinder la seconde phase principale en deux étapes secondaires, c'est bien la distinction de ces deux sortes de mouvements qu'il faut prendre pour guide, sous peine de méconnaître la marche naturelle des phénomènes. Mais il est inutille de nous appesantir davantage sur un point qui a été suffisamment élucidé dans notre ouvrage, p. 250 et 251; nous y renvoyons le lecteur.

En résumé, nos grandes divisions des phénomènes cinétiques, qu'on nous permette de le dire, nous paraissent beaucoup plus naturelles que celles de Strasburger et surtout que celles de Flemming. En outre, notre terminologie est plus simple, plus logique, plus facilement intelligible,

(1) Ce point a été traité avec détails dans la *Cytodiérèse*, p. 403.

peut-être plus élégante et moins baroque que celle du professeur de Kiel. Nous aimons à croire que ses termes techniques, inutiles d'ailleurs pour la plupart, auront de la peine à passer dans notre langage scientifique. A en juger par l'accueil que leur fait Minot, il semble qu'ils ont moins de chance encore d'être agréés par les savants anglais. Voici en effet comment le professeur de Boston, dont personne ne contestera l'autorité, s'exprimait récemment, avec une franchise tout américaine, au sujet de la terminologie de Flemming (1).

» Pendant la division des cellules, dit il, des changements très remar-
» quables se produisent le plus souvent dans la disposition de la chroma-
» tine; ils aboutissent au développement de ces phénomènes frappants,
« connus sous le nom de figures caryocinétiques, ou bien, comme Flemming
» voudrait les faire appeler, mitoses. Il est difficile de s'empêcher de cri-
» tiquer le terme nouvellement forgé : la multiplication systématique de
» termes dont le professeur Flemming a sans nécessité chargé la science
» depuis quelque temps ne peut être que condamnée. Il est curieux de
» rencontrer un tel pédantisme chez un histologiste aussi ingénieux et aussi
» délicat.... «

Telles sont les observations que nous voulions présenter, une fois pour toutes, en réponse à celles de notre savant collègue de Kiel, dont nous sommes le premier à admirer les travaux.

Et maintenant : *Paulo majora canamus!...*

(1) Charles Sedgwick Minot : *The physical basis of heredity;* Science, 6 Aug. 1886, vol. VIII, n° 183, p 125.

« During the division of cells, in the great majority of cases, very remarkable changes occur in the « arrangement of the chromatine, leading to the developpement of those striking appearances known as « karyokinetic figures, or, as Flemming would like to have them called, mitoses. It is difficult to refrain from « styling the latter term new-fangled; for the systematic duplication of terms with which Professor Flemming « has unnecessarily burdened science of late can only be condemned. It is curious to encounter such pedantry « in so industrious and sensible a histologist, because to overvalue terminology is the mark of mental poverty. »

TABLE DES MATIÈRES

CONFERENCE.

PAGES

Difficultés de l'observation cytologique. 229

1° *Figures dimidiées.*

Figures dimidiées des sauterelles 231

Mêmes figures chez l'*Ascaris megalocephala*; historique des cinèses polaires de ce nématode 232

Description de NUSSBAUM et de E. VAN BENEDEN . . . 233

Description de nos 12 préparations, montrant les diverses étapes et les figures des deux cinèses, ainsi que les deux globules et leur séparation à l'aide d'une plaque . . . . . 234 à 237

Conclusions 238

2° *Variations des cinèses polaires.*

Type de l'*Ascaris megalocephala* 239

Type de l'*Ascaris clavata* 240

Type de l'*Ascaris lombricoïdes* 242

Importance de ces variations au point de vue des théories sur la fécondation et de la cinèse en général. . . . . 241 à 243

3° *Plaque cellulaire.*

Existence de cette plaque; sa formation; préparations de l'*Ascaris megalocephala* et de la *Coronilla robusta* 244

APPENDICE.

I. **Les globules polaires chez l'Ascaris clavata.**

Description de la première préparation.

Première figure 249

Seconde figure 252

Description de la deuxième préparation . . . . 253 et 254

Description de la troisième préparation 255

II. **Nouvelles recherches sur l'Ascaris lombricoïdes.**

Conditions de nos observations sur quatre individus différents . . 257

La division équatoriale et l'ascension polaire existent . . . 258

Formation et expulsion des globules . . . . . 259 à 261

Discussion de la note de BOVERI 261

III. **Interprétation des faits.**

Nature de la division équatoriale transversale sur la première figure . 262

Discussion sur les deux divisions de la couronne . . . 263 à 265

PAGES

La division longitudinale est incomplète 266
Elle peut être retardée jusqu'après la disparition de la figure . . 266
L'ascension polaire fait parfois défaut . . . . . 266 et 267
Séparation du globule polaire dans la figure cinétique elle-même; la cinèse polaire est alors une cinèse ordinaire 268
Disparition ou rétraction de la figure 268
Fuseau de séparation; difficulté de le distinguer du fuseau cinétique . . 269
Divers modes de séparation du globule dans la même préparation . . 271
Formation de la seconde figure . . . . . 271 et 272
Comment doit être envisagée la division équatoriale transversale . . 273

NORMALITÉ DES FIGURES.

Méthodes employées 274
Résultats obtenus. . . . . 274 à 276
Nouvelles préparations sur l'*Ascaris megalocephala* 276
Nouvelles préparations sur les *Ascaris lombricoïdes* et *clavata* . . 277
Variations individuelles des cinèses 278
Les figures varient peu quant à leur élément essentiel . . . 279
Application à l'*Ascaris megalocephala* 280
Observations au sujet de la critique des frères HERTWIG . . . 281
Critique de la méthode de BOVERI. 282
Nécessité d'employer des matériaux vivants et fraîchement extraits de leur hôte . 283
Conclusions . . . . . 284 et 285

VARIATIONS DES CINÈSES; TERMINOLOGIE — RÉPONSE A FLEMMING.

1° *Variations.*

Faits observés par nous dans les cellules testiculaires des arthropodes et par FLEMMING dans celles de la Salamandre; les observations de FLEMMING confirment les nôtres. 286
Autres variations chez les arthropodes 288
Nombreuses variations dans les cellules ovulaires des nématodes . . 289
Rectification à apporter aux critiques de FLEMMING . . . . 290 à 294
Interprétation des faits 295
Explication de FLEMMING 296
Nos observations sur la division longitudinale dans la forme pelotonnée . 297
La «Tonnenform» de FLEMMING et nos formes parallèles . . . 298
Divers modes de formation de ces dernières. 299
Nature de la division équatoriale transversale; elle n'est pas toujours l'achèvement d'une division longitudinale antérieure 301
Critique de l'interprétation que donne FLEMMING de la division transversale dans son «heterotypische Form» 302
Il n'y a pas parité entre cette forme et les figures semblables qui naissent pendant la dislocation de la couronne 303
La nature de la division transversale reste toujours obscure . . . 303
La division équatoriale peut être différée jusque dans les couronnes polaires et au-delà 304

PAGES

Fausseté du prétendu «Principe» suivant : les moitiés de chaque bâtonnet sont destinées à un noyau différent 306

Il n'y a pas de division longitudinale dans les couronnes polaires, lorsqu'elle a eu lieu à l'équateur 307

Conclusion générale : les phénomènes de la cinèse sont variables ; aucun d'eux n'est essentiel 307

Cette conclusion est appuyée par les faits ; diverses concessions de FLEMMING ; son schéma primitif n'est pas d'une explication générale . . . 308

Un schéma général doit s'appliquer aux cellules reproductrices . . 310

Dilemme de FLEMMING ; sa réfutation. Notre dilemme . . . . 310 à 314

La division longitudinale n'est pas essentielle à la cinèse ; elle est variable comme les autres phénomènes cinétiques. 312

La formule actuelle de FLEMMING est insuffisante et fautive . . . 314

Causes des variations cinétiques 315

Une théorie générale de la cinèse doit s'adapter aux cas anormaux ou pathologiques, aussi bien qu'aux cas normaux . . . . . 316 et 317

2° *Terminologie.*

Notre terminologie de la division en général 318

Celle de FLEMMING 319

Remarques critiques. — Le mot cinèse est préférable au mot mitose . . 319

Justification de l'expression division acinétique 320

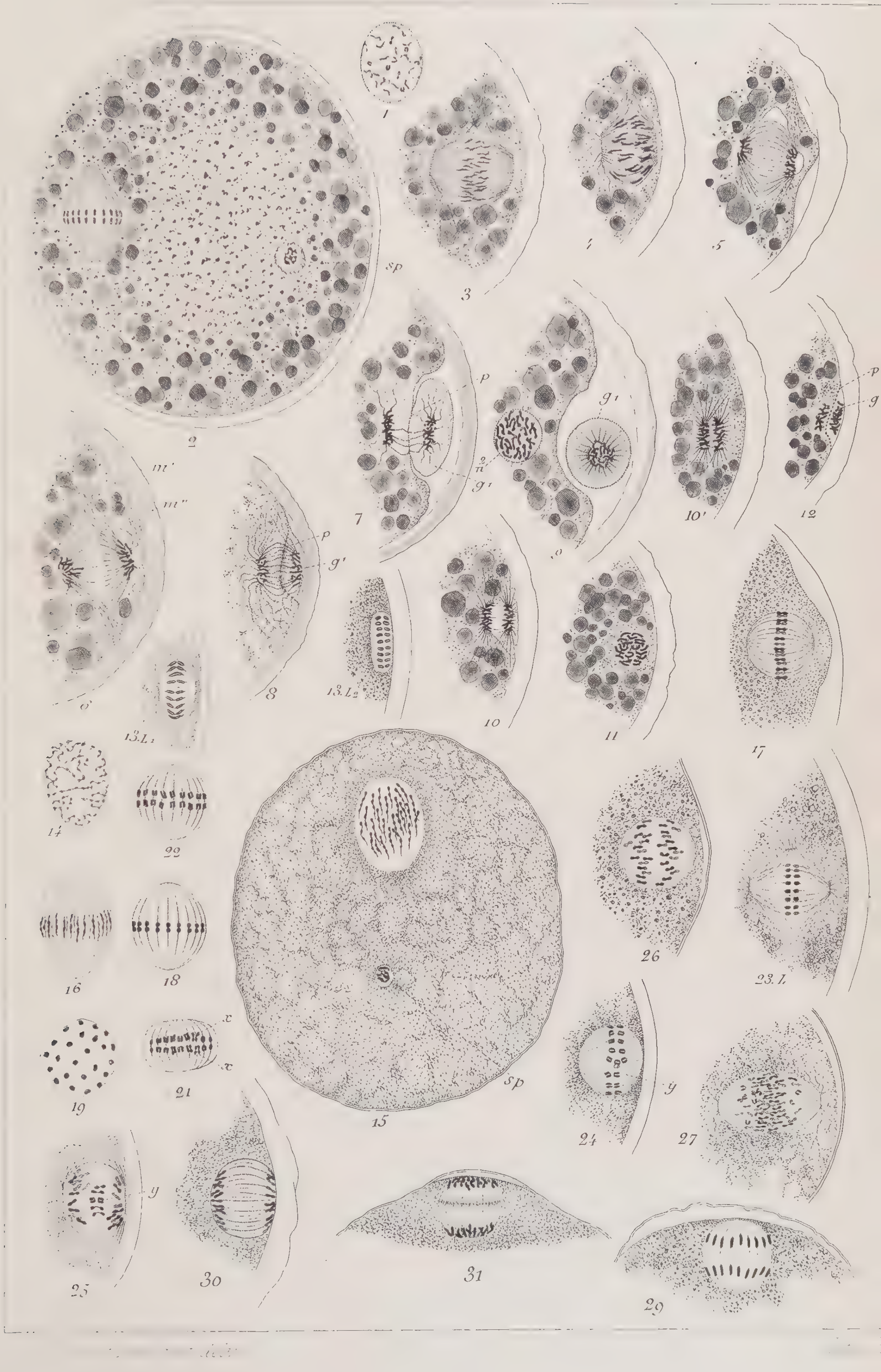
Comparaison entre notre terminologie concernant les étapes de la cinèse et celle de FLEMMING et de STRASBURGER 321

La cinèse n'a que deux phases principales ; la seconde phase comprend deux étapes secondaires 322

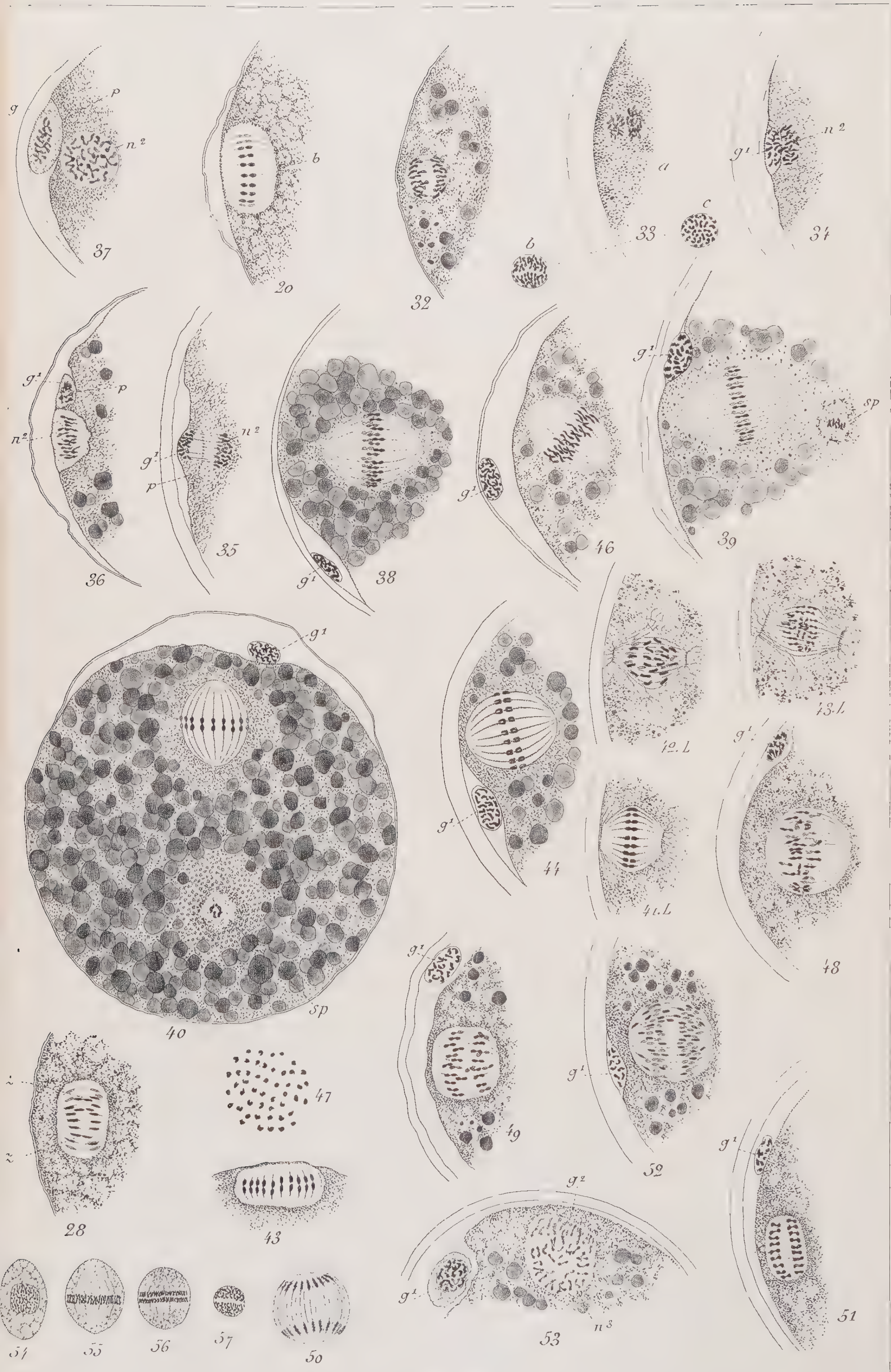
Multiplication exagérée des termes techniques . . . . 323 et 324

N. B. *Les figures de la Planche ci-jointe ayant été décrites en détail, p.* 248 *à* 260, *nous jugeons superflu d'en donner ici une nouvelle explication.*

Ascaris



Clavata.



Dumont.   Ls Van Aken sculp.

LA CELLULE

LA CELLULE

RECUEIL

DE CYTOLOGIE ET D'HISTOLOGIE GÉNÉRALE

PUBLIÉ PAR

J. B. CARNOY, professeur de biologie cellulaire,
G. GILSON, professeur d'embryologie, J. DENYS, professeur d'anatomie pathologique,
a l'Université catholique de Louvain.

AVEC LA COLLABORATION DE LEURS ÉLÈVES ET DES SAVANTS ÉTRANGERS.

TOME III

3e FASCICULE.

I. Le Nucléole des Spirogyra
par A. MEUNIER.

II. Observations cytologiques sur les éléments séminaux
de la Scolopendra morsitans et du Lithobius forficatus
par A. PRENANT.

III. Etudes sur la coagulation du sang dans un cas de Purpura
par J. DENYS.

LOUVAIN
Aug. PEETERS, Libraire,
rue de Namur, 11.

GAND
H. ENGELCKE, Libraire,
rue de l'Université, 24.

LIERRE
Typ. de JOSEPH VAN IN & Cie,
rue Droite, 48.

LE NUCLÉOLE

DES

SPIROGYRA

PAR

M. ALPH. MEUNIER

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES
ANCIEN ÉLÈVE DE L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN.

INTRODUCTION

La divergence des opinions émises récemment sur la nature du nucléole des *Spirogyra* nous a paru un motif suffisant pour en reprendre l'étude.

Cette question ne manque ni d'opportunité, ni d'importance intrinsèque.

Son opportunité résulte du fait même des solutions contradictoires qu'elle a reçues précisément à une époque où de savantes recherches ont fixé l'attention générale des cytologistes sur les nucléoles, en dissipant la confusion qui régnait dans leur nomenclature, en inaugurant de nouveaux procédés d'analyse et en préparant la voie à de nouvelles investigations par l'exposé de vues originales sur leur constitution.

Son importance est également indiscutable. A titre d'élément constitutif de la plupart des noyaux, les nucléoles tiennent une place dans l'édifice cellulaire, et la valeur du rôle qu'on leur reconnaît déjà dans les phénomènes cytologiques ne fera sans doute que grandir à mesure qu'on creusera davantage leur nature intime.

L'étude que nous nous proposons n'est donc pas oiseuse, et, s'il faut convenir que le sujet en est en lui-même fort restreint, il ne faut pas moins admettre qu'elle peut conduire à des conclusions d'une portée beaucoup plus grande que le petit groupe de plantes qui en auraient fourni les prémisses.

La question pourrait se formuler en ces termes :

Le nucléole des *Spirogyra* est-il *exclusivement plasmatique;* est-il *exclusivement nucléinien;* est-il *à la fois plasmatique et nucléinien?* Dans chacune de ces trois hypothèses est-il *homogène* ou *structuré?*

Ce problème résolu, la constitution du noyau de ces intéressants végétaux s'en dégagerait comme un corollaire naturel.

État actuel de la question.

Il ne faut pas fouiller beaucoup la littérature scientifique pour recueillir et coordonner les opinions des auteurs qui ont agité cette question.

Le cadre du reste fort restreint de cette communication peut même s'accomoder très bien de leur citation *in extenso*.

En 1882 STRASBURGER (1), après avoir repris l'étude du noyau de la *Spirogyra majuscula* à l'aide de la safranine, arrive à modifier quelque peu ses idées antérieures (2) sur ce sujet, et les résume comme suit :

» Vor allem ist festzustellen, dass der ruhende Zellkern ausser dem einen » oder mehreren Kernkörperchen, ein feines Gerüstwerk von Fäden fürht. » Diese kommen vornehmlich zur Ansicht, wenn der flache scheibenförmige » Zellkern, aus seiner normalen Lage gebracht, in Flachenansicht vorliegt. » Die feinen Fäden bestehen aus Hyaloplasma und führen relativ wenig » zahlreiche Mikrosomen. Auffallend ist hier die relativ geringe Tinctionsfä- » higkeit dieser Mikrosomen im Verhältniss zu der Tinctionsfähigkeit der » Kernkörperchen. Das Fadengerüst des Zellkerns erscheint nicht viel » dunkler als dasjenige des umgebenden Cytoplasma gefärbt. Die Dichte » des Fadengerüstes ist je nach den Präparaten etwas verschieden. In Kernen » mit relativ lockerem Gerüst glaube ich mich mit Sicherheit von den Conti- » nuität des Fadens überzeugt zu haben. Freilich ist hier nur relative Sicher- » heit zu erlangen. Der äussere Contour des Kernes zeigt oft etwas verspring- » gende Ecken, welche den Ansatzstellen der Aufhängefäden entsprechen. » Diese Fäden gehen unmittelbar in die Kernwandung über, von der anzu- » nehmen ist, dass sie auch hier eine Hautschicht des Cytoplasma sei. «

Un peu plus loin, se faisant l'écho des assertions de J.M.MACFARLANE(3), formulées une année auparavant, il ajoute :

» J. M. MACFARLANE glaubt, dass die Fäden, auf denen der Zellkern » von Spirogyra nitida suspendirt ist, in das Innere desselben eindringen » und sich daselbst in feine Fasern fortsetzen. Ausserdem giebt er an, dass » man mit wasserentziehenden Mitteln z. B. alkoholischer Eosinlösung eine » Trennung der Kernwand von der inneren Kernsubstanz zu Stande bringen » kann, eine Angabe, die nur nicht uninterressant ist, weil gerade hier die » Kernwand leicht den Eindruck hervorruft, als wenn sie integrirender Be-

(1) *Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne*; Archiv fur mikroskopische Anatomie, Bd. XXI, 1882, p. 524.

(2) *Zellb. u. Zelth.* 3 Aufl., 1880.

(3) Transact. Botan. Soc. of Edimburg, vol. XIV, 1881, p. 202.

» standtheil der Kernsubstanz wäre. Der Nucleolus ist, nach Macfarlane, » auf feinen Fäserchen, aus welchem die Kernsubstanz besteht, aufgehängt. » Dieser Nucleolus soll eine Membran besitzen und einen Nucleolonucleus » enthalten «...

Dans le courant de la même année 1882, Flemming (1) arrivant à parler de la substance des nucléoles, et voulant établir que ceux-ci ne doivent pas être considérés simplement comme des portions condensées de la substance chromatique, qui se trouve dans le réticulum nucléaire, argumente de la différence des réactions que les éléments présentent et en particulier de leur inégale aptitude à conserver la coloration artificielle qu'ils ont acquise. Il en trouve un exemple frappant dans le noyau des *Spirogyra*.

» Besonders auffällig ist dies Verhalten der Nucleolus auch bei den » Spirogyrakernen. Der sehr grosse, runde Nucleolus — manchmal statt » dessen bis drei verschieden grosse — bleibt nach Safranintinction, noch » lange leuchtend ziegelroth, wenn das feine Gerüst, das nach kürzer Alko- » holwirkung ganz ebenso aussah, völlig erblasst ist. «

Plus loin (2), c'est encore aux *Spirogyra* qu'il a recours quand il veut signaler un cas de membrane nucléaire ou couche limitante achromatique du noyau parfaitement visible, grâce à la pauvreté en chromatine de celui-ci.

» Leicht erkennbar ist sie ferner, auch selbst bei grosser Dünne, an » solchen Kernen deren Netzwerk arm an Chromatin ist. Ich empfehle dazu » u. A. die plattkernigen Spirogyren «...

Ailleurs (3) il revient encore sur ce dernier caractère.

» Das Fadenwerk enthält Chromatin, aber weinig im Vergleich zu dem » grossen Nucleolus «.

La conséquence la plus importante, à notre point de vue, de toutes ces données partielles, c'est que ces auteurs n'ont pas mis en doute la présence d'une certaine quantité de chromatine, dans le noyau de *Spirogyra*, en dehors du nucléole.

Pour J. B. Carnoy (4), le noyau de ces algues filamenteuses est susceptible d'une tout autre interprétation. Voici ce qu'il dit à ce sujet, en faisant l'exposé de ses vues sur la topographie du boyau nucléinien.

...» Il arrive que l'élément nucléinien se localise et la position qu'il prend

(1) *Zellssubst., Kern u. Zelltheil.*, 1882, p. 159.
(2) Loc. cit., p. 167.
(3) Loc. cit., p. 216.
(4) *La Biologie Cellulaire*, 1884, p. 236.

» présente un intérêt tout particulier. Le boyau se ramasse en pelote serrée » au centre du noyau, laissant libre et inoccupée toute la partie protoplas- » matique extérieure, qui se présente alors avec tous les caractères du pro- » toplasme cellulaire. Ce phénomène s'observe çà et là, et pour ainsi dire » à l'état sporadique, sur divers éléments, dans des circonstances indéter- » minées. Il est rare d'observer dans ce cas une limite tranchée entre la » sphérule centrale et la partie restante du noyau. Mais cette aberration » dans la topographie du filament devient normale dans certaines cellules; » et alors la pelote nucléinienne s'entoure souvent d'une mince membrane » qui en fait un nouveau noyau au milieu de l'ancien. Cette particularité in- » téressante se rencontre chez plusieurs protoorganismes; on la constate » dans les grégarines, certains radiolaires et rhizopodes, quelques algues, » les *Spirogyra*, par exemple, les thèques de champignons, etc. «...

On sait du reste comment le biologiste de Louvain, frappé de la profonde diversité de nature des nucléoles, en établit une classification (1) commandée par cette diversité même, et consacre celle-ci par une terminologie précise, excluant toute équivoque. Il faut, selon lui, ramener les nucléoles à trois groupes, dont la distinction repose sur des caractères essentiels. Ce sont les nucléoles plasmatiques, les nucléoles nucléiniens, parmi lesquels il distingue les nucléoles-noyaux, dont les *Spirogyra* entre autres fourniraient un exemple, et enfin les nucléoles mixtes.

Cette dernière assertion fait l'objet d'une critique de la part de Zacharias (2).

» Nach Carnoy, dit-il, sollen die Kerne von Spirogyra und der Asci » von Pilzen Nucleolen mit den Eigenschaften der Nucléoles noyaux be- » sitzen. Das ist meinen Untersuchungen zu Folge nicht der Fall. Die » Nucleolen von Spirogyra unterscheiden sich in ihrem Verhalten gegen » verdünnte Salzsäure, Magensaft, Carminlösungen keineswegs von den » Nucleolen bei Galanthus nivalis. Lässtman Salzsäure von 0,2 pro cent auf » Spirogyra (Alkoholmaterial) einwirken, so quillt der Nucleolus zu einem » Häuserst blassen Körper auf, in welchem sich keine Spur von Nucleinkör- » pern nachweisen lässt. Hingegen erkennt man in der den Nucleolus um- » gebenden Kernmasse ein sehr feines glänzendes Gerüst. Die Untersuchung » der Kerne in den Ascis von Peziza cinerea und vesiculosa ergab keine » Anhalspunkte für die Annahme der Existenz von Nucléoles noyaux im » Sinne Carnoy's in diesen Kernen «.

(1) Loc. cit., p. 248.

(2) E. Zacharias : *Ueber den Nucleolus*, 1886, p. 5. (Tirage à part extrait du Bot. Zeitung, 1885, p. 274.)

Ces diverses assertions ne manquent ni de clarté respective, ni d'opposition réciproque. Elles constituent trois solutions aussi inconciliables que nettement formulées.

I. D'après Strasburger et Flemming, dont les vues se rapprochent beaucoup, le noyau renferme de la nucléine comme le nucléole, bien qu'en moindre quantité.

II. J. B. Carnoy soutient la localisation exclusive de la nucléine dans le nucléole et il accorde à celui-ci la valeur d'un nucléole-noyau.

III. Pour Zacharias le nucléole est au contraire exclusivement plasmatique.

L'objet de la controverse ainsi défini est évidemment une question de fait, qui ressort uniquement de l'expérience et qu'il serait conséquemment puéril de discuter à priori. Aussi, sans nous préoccuper des assertions contradictoires, nous avons pratiqué une série de recherches dont nous allons faire rapidement l'exposé; et nous attendrons, pour prendre position dans le débat, qu'une conclusion se soit dégagée d'elle-même de l'observation attentive des faits et de leur discussion impartiale.

Division adoptée dans ce travail.

Pour être complète, l'étude du nucléole des *Spirogyra* doit être faite au double point de vue statique et cinétique.

Il y aura donc lieu de scruter d'abord la nature intime du nucléole à l'état quiescent, par l'emploi de réactifs appropriés : ce sera l'objet du premier article.

Il faudra suivre ensuite ses évolutions pendant la série des phénomènes caryocinétiques : ce sera la matière d'un second article.

Nous grouperons enfin la discussion et la critique dans un troisième article.

ARTICLE I.

LE NUCLÉOLE DES SPIROGYRA A L'ÉTAT QUIESCENT.

Préliminaire.

Avant l'essai d'aucun réactif, il est indispensable de prendre connaissance de l'objet à l'état frais.

On ne peut perdre de vue en effet que le résultat le plus immédiat de l'action des réactifs sur la matière vivante est généralement d'en provoquer la mort. C'est donc ordinairement sur des cadavres, plus ou moins profondément défigurés, que portent les observations du micrographe.

Par l'emploi rationnel des réactifs, il vise un système de mutilations méthodiques, dont il suit le progrès et compare les résultats. C'est un procédé d'analyse délicat, qui, par une destruction raisonnée de la matière organisée, permet d'en étudier séparément les éléments et d'en saisir ainsi plus facilement les rapports.

Sa valeur dépend donc avant tout de la saine appréciation des modifications obtenues à la suite des manipulations. Voilà pourquoi on ne peut, sous aucun prétexte, se désintéresser de l'état normal de l'organisme. C'est par lui qu'on doit commencer, et c'est à lui qu'il faut ramener les résultats de toutes les recherches.

I. EXAMEN SUR LE FRAIS.

A. Etat normal.

L'examen d'un nombre assez considérable d'espèces de *Spirogyra*, une quinzaine au moins, nous a laissé la conviction qu'elles ne présentent pas de différences essentielles au point de vue qui nous occupe. On pourrait donc borner ses recherches à une seule espèce.

Cependant, pour ne priver nos conclusions d'aucun caractère de généralité même apparent, et pour ne pas nous refuser le bénéfice des avantages

que certaines espèces offrent à l'étude dans des cas spéciaux, nous en avons choisi plusieurs que leurs caractères morphologiques recommandaient parallèlement au même examen.

Nous en figurons quelques-unes Pl. I, fig. **1**, **2**, **3**, **4**, **5** **6**, **7**, **8**, dessinées sous un même grossissement (D—2 de Zeiss), pour les rendre comparables. Nous les désignerons toujours dorénavant par le chiffre romain qui leur est attribué sur nos Planches.

Quel est donc l'aspect normal des cellules de *Spirogyra*, et plus spécialement de leur noyau et de leur nucléole ?

Limitées par une membrane cylindrique et relativement peu épaisse, de cellulose plus ou moins pure et plus ou moins modifiée, ces cellules renferment un suc cellulaire abondant et très aqueux. Le protoplasme y est relativement réduit.

Il forme à la périphérie une couche mince, le sac protoplasmatique des auteurs, qui revêt intérieurement la membrane cellulosique. C'est dans cette partie que sont exclusivement localisés les corps chlorophylliens. Ceux-ci y affectent la forme de rubans pariétaux spiralés et diversement ouvragés, dont le nombre varie suivant les espèces, mais est plus ou moins constant dans chacune d'elles. Ils sont le siège d'une formation parfois assez considérable de fécule, en petits grains groupés autour des pyrénoïdes, et d'une certaine quantité d'huile. La quantité de ces réserves est du reste fort variable, même dans les conditions normales de végétation; accumulées le jour sous l'influence de l'élaboration, elles s'épuisent la nuit, en fournissant les matériaux nécessaires à l'accroissement des cellules et à leur multiplication. Au centre des cellules on rencontre un noyau de forme plus ou moins irrégulière, muni d'un nucléole (1) sphérique ou légèrement lenticulaire, et entouré d'une couche généralement fort mince de protoplasme, que relient à la périphérie de minces cordons de même nature, simples ou ramifiés. Leur nombre, réduit à deux, trois ou quatre dans certaines petites espèces, est souvent plus considérable dans d'autres plus grandes. Quoi qu'il en soit, il est à remarquer que ces cordons toujours fortement tendus dans des directions variées, ne se rattachent jamais au protoplasme périphérique en dehors des rubans chlorophylliens pariétaux, comme si ceux-ci seuls leur

(1) Nous n'ignorons pas le fait de la coexistence accidentelle chez quelques espèces de deux ou même de trois nucléoles dans un même noyau; mais le cas nous a paru trop rare, même chez ces espèces, pour mériter une mention expresse dans une description générale et très succincte de la cellule des *Spirogyra*.

offraient un point d'appui suffisant. Ils sont, dans certaines espèces, le siège d'une cristallisation assez curieuse, probablement d'oxalate de chaux, en petites macles d'inégale grandeur, en forme de croix généralement.

Nous ne pourrions, sans nous éloigner de notre sujet, nous livrer à une analyse précise et détaillée de tous les éléments de la cellule. Il a dû nous suffir d'en relever brièvement les grands traits, pour pouvoir nous y orienter au besoin.

Seul, le noyau doit faire l'objet d'une étude attentive.

Le rapprochement excessif des rubans chlorophylliens, l'abondance exagérée du pigment et des produits d'élaboration emmagasinés dans leur sein sont souvent un obstacle sérieux à l'étude du noyau, qui, dans ces circonstances, peut être presqu'entièrement soustrait à l'observation. Heureusement, on arrive aisément à corriger ce défaut, en cultivant les espèces qui le présentent dans une demi-lumière, et en général dans des conditions peu propres à leur prospérité. Grâce à l'influence débilitante de ce mode de culture, la chlorophylle se raréfie, la production de la fécule se réduit considérablement, les cellules s'allongent en espaçant beaucoup les tours de spire des chloroleucites, par le fait même de la rareté des divisions qu'elles présentent.

Nos figures reproduisent généralement des cellules ainsi modifiées.

On se trouve alors dans les meilleures conditions possibles d'observation. Vers le milieu de la cellule, on remarque une masse de protoplasme très irrégulière dans sa forme, mais aussi très nettement limitée dans toutes ses parties, et solidement retenue en place dans le suc cellulaire par les cordons protoplasmatiques qui la relie avec la zone périphérique. C'est ce que nous pouvons appeler dès maintenant noyau, sauf à préciser plus tard.

La forme de la masse centrale dépend avant tout du nombre et de l'orientation des cordons qui la rattachent à la périphérie.

Ceux-ci se trouvent-ils tous sensiblement rapprochés d'un même plan perpendiculaire à la longueur de la cellule, de manière à avoir tous leur insertion sur une zone très étroite de la membrane cellulaire, la masse centrale se développe presque exclusivement dans ce plan et tend à prendre, en gros, la forme d'une lentille placée en travers de la cellule.

C'est le *noyau plat* des auteurs, FIG. **6**, **7** et **8**.

Il en est autrement si les cordons se détachent indifféremment de n'importe quel point de la masse centrale, pour diverger dans tous les sens; la masse centrale devient alors sensiblement isodiamétrale.

C'est le *noyau rond* des auteurs, FIG. **1**, **2**, **3**, **4**, **5**.

Dans ce cas, les cordons peuvent être nombreux et assez régulièrement distribués, comme il arrive dans les espèces où les bandes chlorophyliennes sont multiples. La masse centrale devient alors grossièrement sphérique. Celle-ci n'est-elle au contraire assujettie qu'à quatre ou cinq cordons plus importants, elle peut affecter la forme d'un tétraèdre, ou de toute autre figure géométrique n'offrant qu'un petit nombre de facettes. Ce cas est normal dans les espèces qui ne présentent qu'un seul, ou exceptionnellement deux rubans spiralés.

Il n'est pas rare même de voir dans ces espèces les cordons, réduits au nombre de deux, donner à la masse centrale la forme d'un petit fuseau, par suite de l'étirement auquel ils la soumettent en en déterminant l'orientation, FIG. **5**.

Indépendamment de ces différences spécifiques, il est une série de modifications placées sous l'influence de l'âge; elles sont corrélatives de l'accroissement.

Le noyau jeune, généralement lenticulaire au début, même dans les espèces à noyau rond, tend à présenter en coupe optique la forme d'une ellipse, dont le grand diamètre serait placé en travers de la cellule. Plus tard, il devient plus sensiblement isodiamétral; il finit même par perdre cette forme grossièrement sphérique pour prendre, particulièrement dans les espèces à noyau rond, celle d'un cylindre ou d'un fuseau orienté suivant la longueur de la cellule. Cette dernière forme prélude à la division nucléaire, dont nous nous réservons de parler plus loin.

En dehors de ces caractères, tout à fait externes, et qui par cela même ne nous intéressent que médiocrement, on rencontrerait bien peu de détails de structure à noter, si l'on se bornait à un examen, même minutieux, sur l'objet vivant.

Le noyau est apparemment une petite masse de protoplasme homogène et brillant, dont l'uniformité n'est brisée que par la présence d'une sphérule relativement assez grosse, qui en occupe le centre et dont la réfringence, plus considérable encore que celle du cytoplasme ambiant, la met fortement en relief.

A première vue, l'idée viendrait assez naturellement de prendre ce protoplasme nucléaire pour une portion du cytoplasme, et de ne reconnaître pour noyau que la spéhrule réfringente qu'il héberge.

Mais si l'on examine attentivement ses contours, FIG. **9** et **10**, *mn*, on s'aperçoit, non sans peine cependant, qu'il est limité par un liséré plus dense

constituant une membrane, également perceptible sur les cordons, aussi loin du moins qu'ils restent assez larges pour permettre la distinction de cette membrane sur les deux côtés de leur coupe optique.

Cette observation met à même d'interpréter la nature de ce que, pour ne rien préjuger, nous avons appelé jusqu'ici masse protoplasmatique centrale.

C'est évidemment le noyau cellulaire, que la souplesse de sa membrane et l'extrême réduction de la couche cytoplasmatique ambiante, laissent à la merci des tractions combinées, exercées par les cordons cytoplasmatiques. Le noyau prend donc la forme irrégulière que ces cordons commandent, et la membrane, subissant la première leur influence, s'y invagine plus ou moins profondément, en formant des doigts de gant inégalement développés.

Certains cas particuliers s'éloignent un peu de cette forme générale du noyau et sont aptes, croyons-nous, à fournir une confirmation éclatante de l'interprétation dont elle nous a paru susceptible.

Il arrive en effet que le cytoplasme forme autour du noyau une auréole relativement considérable, FIG. **11**, *cy*. Dans ces conditions, les efforts exercés par les cordons suspenseurs s'épuisent dans cette couche protectrice, et la membrane du noyau, mise ainsi à l'abri des déformations, conserve ses contours régulièrement arrondis.

Ici, moins encore que partout ailleurs, la présence d'un noyau limité par une membrane propre ne peut faire l'objet d'un doute, même pendant la vie des cellules.

La sphérule qu'il renferme n'a donc, selon toute apparence, que la valeur d'un nucléole.

Aussi longtemps que la cellule reste dans des conditions normales de végétation, il serait bien difficile. pour ne pas dire impossible, de découvrir, aussi bien dans le noyau que dans le nucléole, une trace quelconque d'organisation. Mais pour peu que des conditions désavantageuses, auxquelles la culture artificielle expose souvent, se fassent sentir, on voit généralement se dessiner dans leur masse des plages diversement réfringentes : premier indice de structure, qui met en garde contre une conclusion prématurée d'homogénité réelle.

Les apparences de cette nature n'autorisent d'ailleurs jamais une conclusion. Ne connait-on pas beaucoup de cas d'une organisation complexe, absolument dissimulée à l'œil de l'observateur par une identité de réfringence dans ses diverses parties?

Il y a longtemps d'ailleurs que l'on a fait justice de l'opinion de ceux qui affectaient de ne voir dans beaucoup de détails, du reste tout à fait réels, de la structure cellulaire, que des effets plus ou moins curieux de l'emploi des réactifs. Certes ceux-ci modifient l'aspect de la cellule; mais il y a loin de là à proclamer que les réactifs soient les seuls facteurs des modifications qu'ils provoquent. Il y a un juste milieu à tenir, pour reconnaître à l'action des agents physiques et chimiques, sur la matière vivante, la valeur qu'elle comporte, sans nier aux objets une structure préexistante que les réactifs peuvent modifier et révéler, mais qu'ils sont impuissants à créer.

Pour résumer ce qui précède, sans empiéter sur ce qui va suivre, disons : Le noyau des *Spirogyra* est limité par une membrane. Sa forme, souvent irrégulière, est commandée par les cordons cytoplasmatiques qui l'enchaînent au centre de la cellule, et dépend dans une certaine mesure de la quantité de cytoplasme qui le baigne immédiatement.

Son contenu est une masse claire et apparemment homogène, dans laquelle se trouve enclavée une sphérule plus réfringente encore, parfaitement limitée, mais sans structure visible.

Le seul aspect de ces éléments ne suffit pas à en relever sûrement la nature et l'organisation dans leur état normal.

B. État pathologique.

Les modifications les moins profondes, celles qui commencent à se manifester sous l'influence de causes très faibles, sont aussi celles qui méritent les premières l'attention, parce qu'elles constituent une transition naturelle aux altérations plus radicales dont elles sont le prélude.

Le premier symptôme révélateur de cet état morbide est généralement un gonflement des éléments constitutifs de la cellule, particulièrement du noyau. La cause en est probablement dans l'introduction d'une certaine quantité d'eau qui dépasse la normale, et qui produit l'effet d'un alcali très dilué. Peu à peu la détente des cordons, FIG. **12**, remet le noyau en possession de sa forme idéale, *mn*, par la réduction ou la disparition complète des proéminences qui hérissaient sa surface. La membrane revenue sur elle-même présente alors des contours régulièrement arrondis. Elle n'en est que plus nettement apparente, et peut être reconnue avec toute la certitude désirable.

Ces mouvements ne modifient pas d'abord sensiblement l'aspect du contenu nucléaire *ca*. Malgré l'envahissement de l'eau qui le rend moins

réfringent, il reste homogène et ne présente encore aucune trace de structure.

Le nucléole, *n'*, se gonfle un peu, et se laisse aussi manifestement pénétrer par l'eau; nous ne pouvons attribuer qu'à la présence de ce liquide l'apparition de petites vacuoles sphériques très claires, que l'on voit généralement se produire dans ces circonstances, quand elles n'existent pas déjà à l'état normal.

Mais bientôt, l'altération continuant son cours, FIG. **13**, l'équilibre de réfringence des éléments est brisé, et il se dessine dans, la masse du noyau un réticulum, *nr*, qui s'accuse de plus en plus, mais dont les mailles toutefois restent occupées par un liquide plus ou moins visqueux.

C'en est assez pour que, guidé par l'analogie, on se demande si l'on n'est pas ici en présence d'un réticulum plastinien, rempli d'un enchylème dont rien n'a encore provoqué la coagulation des albuminoïdes, la solution de ces substances ayant au contraire dû être diluée davantage par l'introduction d'un excès d'eau.

L'usage des réactifs permettra de se faire une opinion à cet égard. Pour le moment ce qu'il importe de noter, c'est qu'on ne voit pas encore apparaître dans la masse du noyau, en dehors du nucléole, aucun corps figuré : filaments, bâtonnets, sphérules plus réfringentes suggérant, même vaguement, l'idée d'un élément nucléinien.

Cette remarque ne paraîtra pas dépourvue de valeur si l'on considère que, dans une foule d'objets, l'élément nucléinien se traduit déjà visiblement dans des circonstances identiques, et souvent même d'une manière assez évidente pour permettre à l'observateur quelque peu exercé d'en reconnaître, d'une manière certaine, non seulement la nature mais encore la disposition intérieure.

Quant au nucléole *n'*, il ne fournit pas même, dans les conditions présentes, les faibles indices de structure que le reste du noyau accuse. A part les vacuoles *v*, qui peuvent s'y être formées, il reste homogène et se gonfle d'une manière appréciable, sans perdre toutefois sa réfringence.

Cette circonstance s'expliquerait très bien dans l'hypothèse qu'il fût entièrement ou partiellement formé de nucléine. On sait en effet que cette substance se gonfle dans l'eau, et que cette propriété est loin de faciliter la recherche de l'élément nucléinien dont les parties se rapprochent souvent jusqu'à se fusionner, au moins pour l'œil de l'observateur.

La mort de la cellule ne tarde pas à survenir, la membrane de MOHL se détache de la paroi cellulosique, et se ratatine en refoulant vers le centre

tout ce qui est sous sa dépendance. Les cordons protoplasmatiques perdent de leur netteté et se fusionnent, les rubans chlorophylliens se défigurent et la désorganisation générale, que seule une fixation énergique pourrait encore enrayer, poursuit son cours.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que le nucléole est loin de disparaître le premier dans cet effondrement général. Il persiste au contraire longtemps, et on peut souvent le retrouver encore dans des cellules dont tout le contenu n'est plus qu'un magma informe.

Les lésions mécaniques produisent certains résultats fort analogues.

La pression violente du verre-à-couvrir, par exemple, en écrasant la cellule cylindrique et exagérant ainsi ses dimensions dans le sens latéral, provoque la rupture des cordons protoplasmatiques suspenseurs du noyau, ou même projette celui-ci en dehors de la cellule. Dans ces conditions encore, le noyau affranchi des étirements qui le déformaient, reprend des contours réguliers. De plus les lambeaux de cordons, restés adhérents au noyau, sont violemment ramenés sur ce dernier par leur élasticité, et ils s'épâtent à sa surface de manière à lui former une auréole cytoplasmatique. D'autre part, si l'on a affaire à des noyaux plats, c'est-à-dire de forme lenticulaire, et placés en travers de la cellule, FIG. **14**, la pression leur fait aisément exécuter une révolution de 90°, de manière à les présenter de face, FIG. **15**. Mais il ne faut pas oublier que ce changement d'orientation n'a pu se faire sans une dislocation des cordons suspenseurs et, si le noyau présente toujours, dans ces conditions, une membrane régulièrement arrondie, cette régularité n'est généralement que consécutive au traitement et, conséquemment, ne doit pas être considérée comme normale.

D'ailleurs ces lésions ont, le plus souvent, trop profondément troublé l'économie interne de la cellule, pour que celle-ci conserve sa vitalité, et l'on ne tarde pas à voir se dérouler en elle la série des phénomènes morbides que nous avons brièvement rappelés plus haut.

Les choses se passent un peu différemment sous l'influence d'une privation d'eau ou d'une dessication lente.

Le réticulum que nous avons déjà vu se manifester faiblement dans le caryoplasme, ne tarde pas à s'accuser franchement dans ces nouvelles conditions, mais le contenu des mailles, loin de devenir plus aqueux comme précédemment, semble plutôt devenir le siège d'une précipitation légère de substances, qui se fixeraient sur les trabécules du réseau pour les grossir, FIG. **16**,*ca*.

Le nucléole n' à son tour commence à laisser voir certains détails de structure, que la petitesse de l'objet permettrait difficilement de préciser dès maintenant. La masse paraît à première vue se fendiller irrégulièrement et, si on l'examine sous un fort grossissement, on peut se convaincre que cet effet est produit par l'apparition de petits corps allongés et tortueux, que leur grande réfringence fait aisément distinguer des petits interstices beaucoup plus clairs et non réfringents qui les séparent. Ces petits corps, apparemment de nature très plastique, semblent produire entre eux des superpositions, des anastomoses obliques et transversales, des accolements qui donnent à l'ensemble un aspect spongieux, mais rendent singulièrement difficile la connaissance précise de leur forme; on ne pourrait, d'après ces indications confuses, établir sûrement leur disposition véritable dans l'organe.

En somme, le résultat obtenu, à un moment donné, est assez semblable à l'effet produit par l'alcool de concentration moyenne, ou par certains acides contracteurs faibles, comme nous le verrons plus loin.

Enfin l'écrasement modéré du nucléole dans la cellule ou après son expulsion de celle-ci, ou mieux encore du noyau lui-même FIG. **17**, conduit à des observations analogues ou plus intéressantes encore.

Dès que la pression a cessé, le nucléole reprend de l'eau au milieu ambiant, et fait alors souvent l'effet d'une petite masse plastique spongieuse, à moins qu'une trop grande invasion d'eau n'y détermine la formation d'une ou de plusieurs vacuoles v, relativement grandes, qui refoulent les petits cordons de matière plastique et les agglutinent en masses apparemment homogènes. Mais il est encore un autre phénomène qui se produit parfois accidentellement durant ces manipulations, et qui doit être soigneusement noté, parce qu'il nous fait faire un pas de plus dans la connaissance de la structure du nucléole. C'est la manifestation tangible d'une membrane propre à ce petit organe, FIG. **18**, mn'. Elle nous avait échappé jusqu'ici, sans doute parce qu'elle est appliquée intimement sur son contenu et n'en est pas visiblement distincte. Mais que la substance x qu'elle renferme vienne à s'en échapper sous l'effet d'une pression convenable, à l'instant elle apparaît comme une petite vésicule limitée par une membranule mince, peu réfringente et présentant quelque part une éraillure par laquelle est sortie, ou est encore en train de s'échapper, la matière réfringente qui y était primitivement logée. Celle-ci présente alors souvent l'aspect d'une petite éponge, dont la structure réticulée est d'autant plus nettement accusée et d'autant plus facilement

reconnaissable que les mailles communiquent librement avec l'extérieur. Parfois cependant son aspect suggèrerait plutôt l'idée d'un filament pelotonné et formé d'une substance ductile, comme permettent de le constater les effets très divers produits sur lui par les mouvements imprimés au couvre-objets.

De toutes ces observations nous ne voulons retenir que ceci :

Malgré les apparences parfois contraires sur le frais, l'existence d'une membrane continue et limitant le noyau de toutes parts ne peut faire l'objet d'un doute.

Il est certain que le nucléole possède aussi une membrane propre analogue.

Le nucléole et le noyau sont également structurés, mais le sont diversement. Cette structure, dans certaines conditions spéciales, peut être constatée, même à l'exclusion de tout réactif étranger, sans qu'il soit possible cependant de la préciser exactement.

II. TRAITEMENTS SPÉCIAUX.

A. L'alcool.

L'emploi fréquent de l'alcool dans les manipulations micrographiques, l'habitude que l'on a de conserver ses provisions de matériaux dans ce liquide et la nécessité où l'on est souvent de borner ses observations à des matériaux traités de cette façon, tout cela concourt à donner à ce réactif un intérêt particulier.

Il hydrate ou déshydrate, suivant qu'il est dilué ou concentré. Dans les deux cas, il modifie suffisamment l'aspect du noyau des *Spirogyra* pour mériter un moment d'examen.

Employé en solution très diluée, il tarde à s'introduire dans la cellule vivante; mais son entrée est bientôt suivie d'une certaine rémission dans la tension des cordons suspenseurs du noyau, et ce dernier prend à l'instant des contours arrondis. Puis, à la suite d'une poussée d'eau sous la membrane nucléaire, on voit celle-ci se distendre, FIG. **19**, *mn*, briser ses adhérences avec le caryoplasme *ca*, dont les dimensions se réduisent plutôt qu'elles ne s'amplifient, et s'en éloigner à une distance souvent considérable. Pendant ce mouvement d'extension, elle demeure attachée aux cordons cytoplasmatiques *cy*, restés continus et reliés encore au protoplasme périphérique de la cellule, FIG. **20**.

Plus tard, lorsque la limite de son extensibilité est dépassée, la membrane crève et se rabat brusquement sur le caryoplasme, en se plissant d'une manière très irrégulière, FIG. **21**. En même temps, l'alcool arrivant directement au contact du contenu nucléaire le coagule légèrement et progressivement de la périphérie vers le centre, et le réduit bientôt à l'état de grumeau informe.

Le soulèvement total ou partiel de la membrane nucléaire peut aussi se produire dans des circonstances analogues, sous l'influence d'une foule de réactifs, ou même en l'absence de tout réactif, comme on l'observe souvent dans les cultures vieillies dont le milieu restreint est devenu tout à fait impropre à la végétation. MACFARLANE l'a déjà signalé dans le traitement par l'éosine alcoolique.

Ce fait, d'ailleurs peu important pour nous, pourrait cependant dissiper les derniers doutes sur la continuité de la membrane nucléaire.

Si l'on examine le nucléole, FIG. **21**,*n'*, avant que le ratatinement de cette membrane n'ait rendu l'observation presque impossible, on constate encore une fois qu'il a perdu son homogénéité et présente l'aspect vacuoleux ou vaguement réticulé que nous lui avons reconnu précédemment. Mais les détails qu'il offre ne se prêtent guère mieux à l'analyse, et nous ne nous y arrêterions même pas pour les signaler, s'ils ne trahissaient à leur façon une structure que nous verrons s'accuser mieux plus loin, et ne s'harmonisaient parfaitement avec ce qui fera ultérieurement l'objet d'observations plus précises.

L'alcool concentré agit très différemment. Son action est immédiate et presque simultanée dans toute la cellule. Aussi, assez souvent, tous les éléments sont-ils fixés sur place par la coagulation rapide des albuminoïdes FIG. **22** *a*. Le noyau lui-même conserve sa forme primitive, comme les autres parties de la cellule.

Dans d'autres cas, les cordons suspenseurs sont violemment brisés, et les tronçons qui restent attachés au noyau subitement arrondi s'épâtent sur sa surface en y formant une auréole sensible FIG. **22** *b*. Les figures ainsi obtenues sont identiques à celles qui résultent des lésions mécaniques provoquant la rupture des cordons; à la différence près de la coagulation produite dans le cas présent par le réactif.

Quant au caryoplasme *ca*, il présente un réticulum très net, dont la grosseur remarquable des trabécules s'expliquerait très bien par la coagulation sur les filaments plastiniens, constituant la trame du réseau, des al-

buminoïdes primitivement dissous dans l'enchylème. C'est là une hypothèse que nous espérons pouvoir prouver plus loin.

Le nucléole n' présente aussi les caractères d'une fixation énergique par déshydratation. Il offre encore l'aspect réticulé ou spongieux; seulement les détails y sont beaucoup mieux accusés par le fait même de la contraction due au réactif. Les interstices, existant entre les trabécules apparentes de l'espèce de réticulum réfringent dont il produit l'illusion, sont ici quelque peu agrandis et paraissent occupés par un liquide non réfringent, qui pourrait bien n'être autre chose que celui du milieu ambiant; si le nucléole présente dans son ensemble une grande réfringence, celle-ci ne semble causée cependant que par les trabécules du prétendu réticulum.

Mais quelle est la disposition réelle affectée par cette substance à l'intérieur du nucléole? Constitue-t-elle une masse spongieuse, un réticulum, un filament pelotonné, une aggrégation plus ou moins dense de corpuscules ou de bâtonnets distincts? Ce serait tout cela, que l'effet produit sur l'organe visuel serait sensiblement le même, vu la difficulté qu'il y a, dans le cas présent, de distinguer, d'une manière nette, une partie bien déterminée dans l'ensemble. Cela tient évidemment au rapprochement exagéré de ses parties. Cela tient aussi, dans une large mesure, à la présence d'une membrane relativement épaisse, qui circonscrit étroitement et recouvre les ouvertures de la masse interne aussi bien que les parties solides. Il en résulte une espèce de fusion, un manque de netteté préjudiciable à l'observation.

Les modifications physiques que nous venons d'attribuer à l'alcool ne sont ni les seules ni les plus importantes que ce réactif provoque. Il produit en outre une série de modifications chimiques qui, pour être insaisissables à l'œil, n'en sont pas moins réelles, et confèrent des propriétés nouvelles aux substances organiques qui entrent dans la composition de l'édifice cellulaire. Il y aura donc lieu de nous en souvenir chaque fois que nos recherches ultérieures porteront sur des matériaux préalablement traités par l'alcool. Nous aurons ainsi l'occasion de les signaler.

Les faits rapportés à l'action de l'alcool ne nous permettent donc guère d'étendre les conclusions que nous avons formulées déjà, mais ils en sont la confirmation.

Nous ne pouvons qu'affirmer de nouveau que le noyau et le nucléole ont chacun une membrane propre et une structure particulière, que s'ils paraissent homogènes tous deux sur le vivant, c'est qu'il existe normale-

ment entre leurs éléments constitutifs un équilibre de réfringence qu'une soustraction d'eau suffit à rompre; qu'enfin la plus grande réfringence du nucléole doit lui faire attribuer une nature différente de celle du noyau.

Nous n'avons encore aucune donnée exacte sur la localisation de la nucléine, ni sur la forme de l'élément nucléinien. Par ces termes nous entendons désigner la substance propre au noyau et la disposition qu'elle y affecte.

La recherche de cette substance requiert encore à présent une série d'essais révélant chacun un de ces caractères particuliers.

Les réactifs servant à ces essais sont particulièrement des matières colorantes, des acides, des bases, des sels, des liquides digestifs.

Nous étudierons successivement leur action sur les *Spirogyra* dans le but de rechercher l'élément nucléinien, mais sans nous désintéresser des renseignements que leur usage pourra nous fournir sur les autres éléments du noyau. Ces réactifs sont en effet précisément ceux dont l'usage rationnel jette le plus de lumière sur la nature et la constitution de toute matière organique.

B. Les matières colorantes.

Les matières colorantes sont de tous les réactifs de la nucléine ceux dont les effets se traduisent le plus clairement et, dans bien des cas, le plus rapidement. Ce sont aussi ceux dont les indications risquent le moins d'être faussées par le traitement de l'alcool, auquel les objets auraient pu préalablement être soumis.

A ce double titre, leur usage est très précieux. Mais bien qu'on en ait déjà préconisé un nombre considérable, il n'en est aucun dont les indications puissent être acceptées sans réserves; dans certains cas du moins, on ne peut se passer d'une contre-épreuve.

J. B. Carnoy (1), dans un récent travail sur l'œuf de l'*Ascaris megalocephala*, a fait ressortir cette vérité avec trop d'autorité pour qu'il soit utile de s'y arrêter encore.

Aussi, après avoir examiné l'action des matières colorantes sur le noyau des *Spirogyra* , nous attacherons-nous à l'étude des dissolvants de la nucléine et des liquides digestifs.

(1) La Cellule : Recueil de cytologie et d'histologie générale, T. II., p. 3 et seq.

1° *Le vert de méthyle.*

Jusqu'à présent le vert de méthyle est le réactif le plus spécifique de l'élément nucléinien.

Grâce à la faible quantité d'acide qui l'aiguise, pour ainsi dire, ce réactif ne tarde pas à s'introduire dans les cellules vivantes des *Spirogyra*, et il y produit deux séries de modifications correspondant aux deux activités qu'il réunit.

En tant qu'acide faible, il pénètre, bien qu'avec certaines difficultés, dans la cellule, pousse de l'eau dans les cordons cytoplasmatiques, où il provoque l'apparition des vacuoles; il détache souvent, au moins d'une manière partielle, la membrane nucléaire de son contenu, comme le fait plus complétement l'alcool faible, brise ensuite l'équilibre de réfringence des éléments du caryoplasme, sans toutefois précipiter de suite les albuminoïdes de l'enchylème sur les trabécules du réticulum plastinien et enfin, arrivant au nucléole, lui fait perdre son homogénéité. Comme tel, il ne pourrait altérer l'élément nucléinien, si ce n'est qu'il le rendrait plus saisissable dans sa forme, en modifiant la réfringence des substances qui le baignent.

En tant que matière colorante, le réactif s'introduisant partout et imbibant indifféremment toutes les substances organiques semble colorer indistinctement toutes les parties de la cellule, en leur communiquant des teintes variables du bleu au vert. Mais un lavage suffisamment prolongé prouve aisément que, dans le noyau, il a limité son action efficace au nucléole et que, même dans celui-ci, tout n'a pas été indistinctement coloré. Malgré la petitesse de l'objet, les instruments puissants permettent de s'assurer que la coloration verte caractéristique s'est exclusivement limitée à un corps figuré, dont nous nous contenterons de rendre l'aspect en coupe optique, à défaut de données actuelles suffisantes pour interpréter sa forme réelle. Cet aspect, FIG. **23**, est identique, à part la coloration, à celui que nous avons déjà constaté sur des nucléoles frais, expulsés des noyaux par une pression brusque, et que nous avons décrit plus haut.

Le doute s'impose d'autant plus sur sa disposition que, le plus souvent, l'influence de l'acide acétique très dilué, qui accompagne le vert de méthyle, a déterminé l'introduction dans le nucléole d'une quantité plus ou moins considérable d'eau sous la forme de vacuoles. Celles-ci n'ont pu se développer dans ce petit organe limité par une membrane sans refouler et comprimer les parties chromatiques, qui deviennent ainsi moins distinc-

tes, parfois même méconnaissables, et semblent souvent ne plus former qu'une seule petite masse plastique colorée.

Cet inconvénient ne se produit pas quand on a été assez heureux pour déchirer la membrane du nucléole et en exprimer le contenu par la pression. La petite masse plastique spongieuse ou réticulée ainsi obtenue n'est plus sujette à être déformée par des vacuoles; elle conserve parfaitement sa structure dans le liquide de la préparation, et se montre de suite admirablement colorée, à l'exclusion du contenu des mailles que les petites trabécules réfringentes circonscrivent.

Appliqué à des matériaux préablement fixés par l'alcool, le vert de méthyle conserve aux noyaux l'aspect qu'ils ont acquis antérieurement, mais les colore invariablement en vert dans leur partie figurée.

Nous disons que le vert de méthyle colore exclusivement le corps nucléolaire.

On ne saurait en effet considérer comme significative la faible teinte verdâtre, à peine distincte de celle du champ du microscope, que le caryoplasme conserve parfois. Ce n'est souvent qu'un indice de l'imperfection du lavage, ou l'effet d'une réflexion ou d'une transmission de la couleur des corps qui l'entourent; car, dans plusieurs espèces, la membrane cellulaire est suffisamment imprégnée de substances organiques incrustantes pour fixer aussi le vert de méthyle, à la façon des éléments scléreux du bois.

Nous devons dire la même chose de la légère coloration analogue qui se remarque, en dehors d'un lavage complet, sur les espaces laissés inoccupés dans le nucléole par le corps chromatique. Quand la préparation a été bien lavée, la faible coloration apparente présentée souvent par ces interstices n'est évidemment qu'un effet d'optique provoqué par les parties chromatiques supérieures ou sous-jacentes Il n'est pas inutile de s'en assurer. Car dans une question comme celle qui nous occupe, il importe beaucoup de faire soigneusement la part de ce qui est réel et de ce qui n'est qu'apparent. Or, si l'on arrive par la compression à isoler un nucléole du noyau, sans cependant le désagréger entièrement, il devient facile de s'assurer que, non seulement la partie réfringente est seule colorée, mais est encore la seule partie du nucléole qui soit actuellement saisissable.

2° *Les carmins.*

Les diverses solutions de carmin peuvent être neutres de réaction, acides ou alcalines. Dans ce dernier cas, on ne doit pas oublier qu'elles peu-

vent tout au moins gonfler la nucléine et, par conséquent, défigurer plus ou moins profondément l'élément nucléinien.

A part cette réserve, les renseignements que donne le carmin comme matière colorante sont identiques à ceux que le vert de méthyle nous a déjà fournis.

a. LES CARMINS NEUTRES ET ACIDES.

Appliqué sur des matériaux vivants, le picrocarmin est impuissant d'abord à s'y introduire par lui-même. Mais que l'influence des conditions détestables auxquelles les cellules sont soumises sous le verre-à-couvrir en amoindrisse la vitalité, immédiatement le picrocarmin y entre, en quantité trop faible, il est vrai, pour faire l'objet d'une constatation directe, mais s'y manifeste aussitôt par la riche coloration rouge qu'il communique au nucléole seul, sans lui enlever ni son homogénéité, ni sa réfringence.

Ce fait nous semble très intéressant, car il prouve mieux qu'aucune autre observation, la grande avidité pour le carmin de ce qui constitue la partie principale du nucléole. L'aptitude de celui-ci à la coloration est telle en effet que, malgré la défaveur de sa position au centre du noyau, il accapare à son profit les premières traces de carmin introduites dans la cellule. Ce n'est donc pas simplement une aptitude plus grande de retenir une coloration partagée d'abord par tout ce qui l'entoure. C'est bien plutôt l'indice d'une élection déterminée, qui doit faire reconnaître à certaine substance du nucléole une nature chimique tout à fait particulière.

Contrairement à ce qui arrive sous l'empire du vert de méthyle acidulé, le nucléole nous a souvent semblé se gonfler légèrement dans le cas présent, et ne se montrer guère moins homogène d'abord que sur le frais. Plus tard cependant cette homogénéité fait place insensiblement à un aspect réticulé, où les trabécules semblent plus foncées en couleurs que le contenu des mailles, et on est naturellement amené à identifier ce réticulum apparent avec le stroma plastinien qui, plusieurs fois déjà, a fait l'objet de nos observations. C'est du reste ce que l'on peut constater directement, bien que d'une manière moins précise qu'avec le vert de méthyle, sur des nucléoles dont on a exprimé le contenu dans le liquide de la préparation.

Sans être aussi saisissante l'action du picrocarmin sur des matériaux fixés par l'alcool n'est pas différente, si l'on fait usage d'une solution très diluée du réactif; car, dans ces conditions, malgré l'entrée libre du carmin dans la cellule, le nucléole se l'assimile intégralement au point d'empêcher d'abord toute coloration en dehors de lui. Mais encore une fois, et nous insistons sur

ce point parce qu'il est essentiel, la coloration reste l'apanage exclusif de la substance réfringente qui forme les trabécules du réseau que l'alcool a fait apparaître.

Fourni en plus grande quantité ou en solution concentrée, le réactif imbibe naturellement tous les éléments cellulaires, mais le moindre lavage suffit à l'expulser, sauf de la partie brillante du nucléole.

Il résulte des mêmes observations qu'aucune trace de la substance qui fait le fond du nucléole ne se retrouve en dehors de lui. Dans les préparations soignées, en effet, on chercherait en vain dans le caryoplasme une trace quelconque de coloration, trahissant la présence d'une substance douée de la même propriété.

Ajoutons que l'alun carminé produit les mêmes résultats, en ce sens qu'il ne communique aussi de coloration significative qu'au nucléole.

Il en est de même du carmin acétique, seulement la coloration qu'il provoque dans le nucléole est encore plus vive.

B. LE CARMIN ALCALIN.

L'usage du carmin de réaction légèrement alcaline sur des matériaux frais conduit à des résultats un peu différents, mais susceptibles d'une interprétation qui, en les rattachant aux autres, en fait une brillante confirmation.

Sous cette forme le carmin réunit deux activités différentes, celle de matière colorante et celle d'alcali dilué.

Son action est presque immédiatement suivie d'une coloration assez vive de tout le noyau, aussi bien du caryoplasme que du nucléole. Celui-ci reste néanmoins toujours plus intensément coloré.

Cette différence de résultats doit avoir sa cause dans la seconde énergie du réactif, si l'on veut admettre en effet pour un moment, ce qui sera démontré plus loin, que l'ammoniaque gonfle et dissout la nucléine. On admettra que, dans l'expérience présente, cette substance doit abandonner partiellement le nucléole et s'épancher successivement dans le caryoplasme. Il est alors tout naturel que le carmin la signale partout où elle s'est répandue, en lui communiquant sur place sa coloration caractéristique. Mais que l'on fasse alors passer un peu d'ammoniaque sur la préparation, et l'on verra la coloration disparaître de toutes les parties du noyau en même temps que la substance qui en était l'objet.

Mais n'anticipons pas sur l'action des alcalis, qui trouvera sa place plus loin.

Lorsqu'on applique le même carmin alcalin sur des matériaux conservés dans l'alcool, le nucléole seul se colore, comme avec le carmin neutre ou acide. Seulement on constate qu'il se gonfle légèrement, et que les mailles du réticulum sont moins dépourvues de coloration.

Un excès d'ammoniaque libre diminue beaucoup la coloration, et si, après un lavage peu prolongé, on fait revenir le carmin sur la préparation, le noyau se colore médiocrement dans toute son étendue. Après une action plus prolongée de l'ammoniaque libre et un lavage plus complet, la coloration devient impossible.

Qu'est-ce à dire, sinon que la substance chromatique du nucléole, rendue moins soluble en elle-même, ou plus fortement retenue en place par la fixation des substances au sein desquelles elle se trouve à la suite du traitement alcoolique, finit cependant par céder à l'influence dissolvante de l'ammoniaque et disparaît enfin, emportée par le lavage, après s'être épanchée dans le caryoplasme.

La coloration momentanée du caryoplasme dans ces diverses circonstances n'est donc jamais qu'accidentelle, et liée à l'action du réactif, qui tient de son alcalinité une seconde énergie, dont il importe du reste beaucoup de déterminer soigneusement les effets.

Le carmin aussi bien que le vert de méthyle ne colore donc, à proprement parler, que le nucléole, et celui-ci doit cette coloration stable à un élément brillant et figuré.

3° *L'hématoxyline et les anilines diverses.*

Ne pouvant que redire ce qui a fait l'objet de l'exposé antérieur, il nous semblerait superflu d'entrer dans des développements au sujet de l'action colorante de l'hématoxyline. De quelque manière que le réactif arrive au contact du nucléole, il le colore en violet brunâtre à l'exclusion du reste du noyau. C'est donc une nouvelle confirmation des essais précédents.

Quant à la safranine, l'éosine, le rouge d'aniline, le violet d'aniline et autres, nous ne saurions leur reconnaître aucune importance dans notre étude. Colorant de prime abord toutes les substances cellulaires indistinctement, ces réactifs sont peu propres à les différencier. Cependant si l'on suit les progrès de la décoloration provoquée par des lavages appropriés, on doit reconnaître, comme le fait remarquer Flemming (1), que le nucléole conserve

(1) W. Flemming : *Zelbsubst., Kern u. Zellth.*, 1882, p. 159

longtemps une coloration beaucoup plus vive que le reste. Ce fait, si bien en harmonie avec les autres observations, contribue comme elles à faire admettre l'existence dans le nucléole d'une substance douée de propriétés spéciales.

Ainsi, en résumé, dans les conditions les plus rigoureuses de l'expérience, on constate que les matières colorantes, réputées spécifiques de la nucléine, limitent uniquement leur action efficace et significative au corps réfringent et apparemment réticulé du nucléole.

C. Les acides

Notre but n'était évidemment pas de rechercher toutes les modifications que les acides, de force variée et de concentration différente, peuvent amener dans les cellules des *Spirogyra*, mais bien plutôt d'y scruter l'élément nucléinien. Nous nous bornerons dans cet exposé de nos recherches aux réactions dont un long usage général a démontré l'excellence.

1° *Acide nitrique.*

Cet acide résume assez complétement les propriétés générales des acides minéraux forts; on peut le prendre comme type de cette catégorie.

D'autre part, son usage déjà fort répandu comme fixateur a fait suffisamment connaître son action sur la matière vivante, pour que les résultats obtenus dans ce cas particulier puissent être rattachés à des faits plus universellement constatés, et devenir susceptibles d'une explication immédiate et certaine.

a. ACIDE NITRIQUE DILUÉ A 2—4 0/0.

Appliqué sous cette forme sur les cellules vivantes des *Spirogyra*, il en provoque instantanément la mort, et en fixe simultanément sur place tous les éléments figurés, sans altérer leurs rapports.

Les cordons protoplasmatiques suspenseurs du noyau, le noyau lui-même, le nucléole, à part une légère contraction, ne souffrent aucune atteinte dans leur forme. C'est une momification qui présente même peut-être sur celle qu'opère l'alcool l'avantage d'être plus rapide, et d'amener moins fréquemment la rupture de certains éléments par une contraction trop énergique, FIG. **24**.

L'homogénéité primitive du caryoplasme, *ca*, fait place à une structure

réticulée presque identique à celle que provoque l'alcool concentré, et qui ne peut recevoir une explication différente. Elle est due, comme des digestions appropriées achèveront de le prouver, à la coagulation d'une partie au moins des albuminoïdes préalablement dissous dans l'enchylème, et à leur précipitation sur les trabécules d'abord invisibles du réticulum plastinien.

Le nucléole de même présente à l'instant une structure vaguement réticulée dont les grosses trabécules paraissent entièrement formées d'une substance très brillante, précisément celle que nous avons reconnue plus haut sensible à l'action des réactifs colorants. Cette substance ne se dissout donc pas dans les conditions présentes. Un lavage soigné, suivi de l'usage du vert de méthyle ou du picrocarmin, la montre aussitôt colorée et confinée exclusivement dans la masse spongieuse du nucléole. Nous ne voudrions pas soutenir cependant que l'action de cet acide, même à ce degré de dilution, pourrait être prolongée impunément pendant un temps très considérable. Les substances organiques finissent par s'y user, pensons-nous, et subissent une espèce de digestion lente à laquelle la substance chromatique ne semble pas échapper elle-même. Une préparation conservée pendant plus d'un mois dans ce véhicule ne nous en a plus guère montré que des traces, difficilement appréciables, dans quelques noyaux, après lavage et coloration par le vert de méthyle.

Sur des matériaux fixés longtemps par l'alcool ce réactif ne nous a semblé produire aucune modification. Il doit du reste en être ainsi, puisque les changements qu'il est capable de déterminer sont déjà réalisés, car au fond son action principale, qui est la fixation, est fort analogue à celle de l'alcool. Il n'y aurait même pour ainsi dire plus rien à craindre, dans ces conditions, d'une action beaucoup plus prolongée de l'acide.

B. ACIDE NITRIQUE FORT.

Par acide nitrique fort, nous n'entendons pas seulement cet acide pur, mais même dilué jusqu'à 10-12 o/o.

Il provoque la dissolution rapide et presque subite, sur les matériaux frais, de la substance brillante chromatique propre au nucléole, FIG. **25**. Celui-ci se vide presque entièrement et ne conserve qu'un stroma très clair, non réfringent, dont la présence après cette réaction nous a paru tout à fait constante dans cet organe, quelle que soit l'espèce de *Spirogyra* sur laquelle on pratique les manipulations.

Ce stroma, beaucoup plus réduit en densité que la trame réticulée et réfringente qui préexistait, continue à présenter vaguement l'aspect d'un réticulum dont il serait extrêmement difficile d'apprécier la forme des mailles, si l'on ne recevait d'autre part des renseignements plus circonstanciés qui en permettent l'interprétation.

Ce serait en vain que, dorénavant, on essaierait de ramener les choses à leur état primitif en neutralisant l'acide, en lavant la préparation de manière à en chasser toute trace du réactif, ou même en y faisant passer des fixateurs, tels que l'alcool, capables de faire réapparaître, en la contractant, une substance qui n'aurait été que gonflée ou aurait changé d'indice de réfraction. Après tous ces essais infructueux, il faut convenir qu'on est bien en présence d'une véritable dissolution.

En dehors même de toute tentative de coloration, la seule disparition de la réfringence, si caractéristique d'abord du nucléole, fournirait déjà un indice sérieux de la dissolution de la substance qui la causait.

Nous verrons plus loin, lorsque nous aurons dévoilé l'organisation véritable de l'élément nucléinien, quelle est la nature du stroma amoindri, non réfringent et non chromatique, qui s'observe encore dans le nucléole après ces manipulations.

Disons seulement maintenant que ce stroma, ou résidu nucléolaire, présente une densité variable, suivant les espèces; la transparence de l'ensemble résulte bien plus de la transparence des trabécules qui circonscrivent les mailles que de leur minceur. Ces trabécules sont toujours relativement larges et ne paraissent jamais moniliformes.

Si les trabécules du réticulum caryoplasmatique paraissent souvent moins épaisses après l'action du même acide plus faible, il ne faut pas s'en étonner, car il peut très bien se faire qu'une partie des albuminoïdes, coagulés dans le premier cas, se soient actuellement dissous. Mais on doit se garder d'identifier les parties dissoutes avec celles également dissoutes du nucléole, car les différences de réaction qu'elles nous ont présentées sous l'influence des réactifs colorants ont largement suffi à les diversifier.

On est en même temps amené à reconnaître à nouveau la membrane propre *mn'* dont le nucléole est doué.

Cette membrane apparaît nettement; elle est du reste plus ou moins parfaitement conservée, suivant le plus ou moins de violence de l'action dissolvante du réactif. Elle ne présente pas la même épaisseur, ni la même

résistance dans toutes les espèces de *Spirogyra*; mais il nous a été permis de la remarquer assez de fois dans toutes celles que nous avons soumises à l'examen, pour pouvoir affirmer que sa présence est commune à toutes, et constante pendant que le noyau est au repos.

Si on ne peut la remarquer facilement sur le frais, cela tient évidemment à ce qu'elle est toujours étroitement appliquée contre son contenu. Elle ne semble pas moins faire corps avec le caryoplasme environnant, car celui-ci la suit fidèlement dans tous ses mouvements de distension et de contraction provoqués par les diverses réactions, et lui reste assez invariablement fixé. Pour l'en détacher, il faut exercer une action mécanique violente, sur des matériaux frais, en provoquant l'écartèlement du noyau et la mise en liberté plus ou moins complète du nucléole. Ce détail a son importance. Nous le rappellerons dans nos conclusions générales.

Sur des matériaux conservés depuis longtemps dans l'alcool, l'acide nitrique n'agit plus immédiatement que s'il est suffisamment concentré. Dans ces conditions, il ne gonfle guère le nucléole, mais lui enlève encore assez rapidement sa partie chromatique réfringente.

Après cet enlèvement complet, les trabécules du réticulum nucléolaire paraissent toujours sensiblement plus grosses et plus denses que dans les matériaux frais qui ont subi le même traitement. Cela doit tenir à l'action de l'alcool, qui ne peut réduire notablement les dimensions du nucléole, comme il le fait, sans le rendre plus dense dans toutes ses parties, et plus complétement ou même tout à fait inattaquable par l'acide dans sa partie plasmatique. C'est du reste ce que l'on observe dans le caryoplasme lui-même.

2° *L'acide chlorhydrique.*

Nous examinerons successivement l'action de l'acide chlorhydrique fort et celle du même acide très dilué.

A. ACIDE CHLORHYDRIQUE FORT.

Le résultat définitif de l'acide chlorhydrique fort, ou même de concentration moyenne, sur le nucléole frais des *Spirogyra*, FIG. **26**, est toujours d'en faire disparaître, en même temps que le brillant qui le caractérisait, son aptitude à la coloration. Seulement cette action est beaucoup moins rapide qu'elle pourrait le paraître. Si l'on enlève le réactif après quelques minutes et si l'on fait agir alors le vert de méthyle, on voit revenir la colora-

tion dans le nucléole, seulement elle est plus faible et elle intéresse le nucléole dans toute son étendue. Elle n'est donc plus la propriété exclusive du stroma réticulé brillant qui préexistait, et que l'on trouve d'autant plus réduit que l'acide employé était plus fort et que son action a été prolongée plus longtemps.

Cette coloration affaiblie du nucléole s'étend même souvent au caryoplasme. Nous ne doutons pas qu'il ne s'agisse encore ici d'une diffusion de la substance chromatique soluble, qui passe successivement du stroma nucléolaire dans les mailles interposées et de là dans le caryoplasme lui-même.

Quoi qu'il en soit, après un temps variable, mais qui n'est jamais considérable, la dissolution de la nucléine est complète; le nucléole ne conserve plus qu'un stroma d'apparence réticulée, qui n'est plus colorable et qui est fort analogue au résidu laissé après l'action de l'acide nitrique fort.

Grâce au durcissement consécutif de l'action déshydratante qu'ils ont subie, les matériaux conservés dans l'alcool se montrent plus réfractaires au traitement; néanmoins l'expulsion de la nucléine n'est toujours qu'une affaire de temps. Il est avantageux pour obtenir des résultats très nets d'opérer en dehors du porte-objets, et de laisser séjourner quelque temps les materiaux dans une quantité plus considérable du réactif.

B. ACIDE CHLORHYDRIQUE DILUÉ A 2—4 o/oo.

L'action digérante que cet acide, porté à un degré de dilution considérable, exerce à la longue sur la matière vivante est universellement reconnue. Nous nous en occuperons d'autant plus volontiers, que son usage nous a donné l'occasion de saisir un des côtés les plus intéressants de la solution que nous cherchons. C'est en effet sur des préparations de matériaux frais, conservées pendant plus d'un mois dans l'acide chlorhydrique à 2—3 o/oo, lavées ensuite avec précaution et colorées finalement par le vert de méthyle, que nous avons recueilli les premières indications nettes et précises sur la structure réelle du corps figuré qui est à l'intérieur du nucléole.

Ce corps figuré est seul conservé, FIG. **27**, **28**, **29**; la membrane qui l'enveloppait étroitement a disparu; les mailles de ce corps plastique s'étant dégagées et agrandies, on peut dorénavant scruter suffisamment la distribution des éléments qui subsistent, pour que leur étude attentive, sous un grossissement suffisant, conduise inévitablement à l'hypothèse d'un *boyau continu et pelotonné*, *bn*.

Les diverses portions de ce corps, visibles dans une coupe optique, se

colorent intensément sous l'action du vert de méthyle, et se présentent, avec une netteté saisissante, comme les anses multiples d'un filament continu, mais diversement contourné, dont il est possible de suivre plus ou moins complétement le parcours par des mouvements variés de la vis micrométrique.

Et qu'on n'objecte pas que ce n'est là que le résultat fortuit d'une disposition accidentelle; le fait est tout à fait constant. Dans une préparation qui contenait des centaines de cellules, dont un tiers au moins présentaient suffisamment bien leur noyau et son contenu, pour que l'étude en fût possible, nous n'avons pas trouvé un seul nucléole qui ne révélât cette structure.

Les espèces les plus diverses, soumises à ce traitement, nous ont donné les mêmes renseignements, sans autres différences que la grosseur relative du filament, sa longueur, le nombre et la disposition variable de ses anses et de ses circonvolutions. La constance de ce fait ne s'est pas non plus trouvée amoindrie par l'examen de nucléoles d'âges différents. Que ce soit pendant le repos du noyau, que ce soit pendant la préparation des phénomènes caryocinétiques, ou immédiatement après la révolution complète de ceux-ci, la présence d'un filament chromatique dans le nucléole nous a paru ne pas souffrir d'exception normale.

Quant à la structure de ce corps pendant la durée des phénomènes de la division nucléaire, l'ordre adopté dans cet exposé nous en a fait rejeter l'étude dans un second article.

L'examen du reste du noyau n'est pas moins fécond en renseignements précieux. On n'observe plus qu'un réticulum très délicat, *rp*, dont les trabécules sont extrêmement minces et dont les mailles ne renferment plus que quelques rares granulations; celles-ci, du reste, se montrent tout à fait réfractaires à l'action colorante du vert de méthyle.

Nous croyons être ici en présence du réticulum plastinien dont la nature chimique a permis la conservation plus ou moins intégrale, pendant la digestion presque complète des albuminoïdes de l'enchylème.

La membrane nucléaire n'est plus, dans bien des cas, que partiellement conservée; elle est partout fortement entamée et offre généralement un aspect granuleux, circonstance qui s'observe particulièrement bien dans les noyaux où elle a été soulevée sous l'influence du réactif, de manière à former autour du caryoplasme des poches vésiculeuses.

Tous ces faits prouvent qu'il s'est évidemment produit ici une diges-

tion dans toute l'acception du terme. Or, de toutes les parties conservées, le filament propre au nucléole est la seule qui, avant comme après le traitement, se montre sensible à l'action des matières colorantes caractéristiques de la nucléine. D'autre part, nous avons vu cette substance se dissoudre dans les acides nitrique et chlorhydrique forts, et nous constaterons plus loin sa disparition complète sous l'influence des alcalis. C'est là une partie des prémisses d'une conclusion que nous voulons retarder jusqu'après la démonstration du dernier fait allégué.

Sur des matériaux longuement fixés par l'alcool, l'acide chlorhydrique, porté a ce degré extrême de dilution, est presque complétement réduit à l'impuissance. En tous cas, il ne modifie guère le nucléole, il ne lui enlève ni son brillant, ni son aptitude à la coloration. C'est bien ce à quoi il fallait s'attendre, puisque la substance à laquelle il doit cette double propriété a même été respectée sur des matériaux frais soumis au même traitement. Nous notons cependant le fait, bien qu'il soit ici beaucoup moins significatif. On pourrait en effet objecter, avec une apparence de raison, que si cette substance ne se dissout pas dans ces nouvelles circonstances, cela tient moins à son insolubilité naturelle dans ce véhicule, qu'à la perte de cette propriété consécutivement au traitement alcoolique. On pourrait citer à l'appui de cette allégation l'égale indissolubilité de la membrane nucléolaire, du caryoplasme circonvoisin et de l'ensemble du contenu cellulaire; ce dernier semble à peine dans ces circonstances perdre un peu de sa densité primitive, même après plusieurs jours, et s'altère d'autant moins que la durée de la fixation alcoolique a été plus grande. Heureusement la contre-épreuve sur des matériaux frais détruit cette objection.

Nous dirons donc tout simplement que si cette expérience, sur des matériaux préalablement durcis, ne prouve rien, elle n'infirme également rien; et nous nous permettons de faire remarquer que Zacharias(1), en s'appuyant en partie sur le fait signalé pour établir ses vues sur l'objet qui nous occupe, met, de ce chef du moins, le néant à la base de son argumentation.

Nous ne tirerons des faits rapportés à l'action des acides que deux conséquences qui se sont présentées à notre attention pendant cette étude, constamment et sous toutes les formes possibles.

La première, c'est que les acides minéraux forts, reconnus aujourd'hui comme des dissolvants de la nucléine, enlèvent entièrement la matière chromatique, exclusivement confinée dans le nucléole chez les *Spirogyra*.

(1) *Ueber den Nucleolus*, p. 5.

La seconde, c'est que l'acide chlorhydrique très dilué qui, de l'aveu général, dissout à la longue les albuminoïdes digestibles, épargne cette même substance chromatique, dont la présence, avant comme après la digestion, ne s'observe que dans le nucléole.

D. Liqueur digestive artificielle ou suc gastrique.

Les faits que nous avons relatés tantôt, à propos de l'action de l'acide chlorhydrique dilué, suggèrent naturellement l'idée d'un contrôle par le suc gastrique. Ce contrôle en fournit une complète et brillante confirmation par l'invariabilité et la netteté des résultats qu'il donne, pourvu qu'on ait soin de prendre des matériaux frais pour objet de ses recherches. C'est là d'ailleurs une condition tout élémentaire, exigée par la nature même de l'expérience. Pour s'en départir il faudrait éclaircir au préalable une série très complexe de questions relatives aux modifications chimiques et physiques, introduites dans les substances organiques par les fixateurs en général, ou tout au moins par celui qui aurait servi au traitement des matériaux. Il n'est pas douteux que cette étude conduirait à constater une perturbation dans les rapports de digestibilité relative, universellement observés sur des matériaux frais. Il deviendrait évident par le fait même que les résultats obtenus sur des matériaux ainsi modifiés ne restent pas comparables avec les données généralement acquises sur cet important sujet.

Au reste, si nous avons tenu à traiter parallèlement les matériaux frais et les matériaux fixés, ce n'a été que pour nous donner le luxe d'un contrôle peu concluant de sa nature, mais fournissant cependant des résultats susceptibles d'une interprétation qui en fixe la valeur réelle et qui, par cela même, les élève au rang de véritables contre-épreuves des expériences normales.

Le fait capital, au point de vue qui nous occupe, de l'action du suc gastrique sur le noyau des *Spirogyra*, FIG. **30**, c'est la persistance, même après un temps considérable, du corps figuré chromatique et réfringent du nucléole, *bn*, et l'impossibilité de découvrir, en dehors de cet organe, des traces quelconques d'une substance que des propriétés semblables feraient reconnaître identiques à celle qu'il contient.

Parmi les autres restes du noyau épargnés par la digestion, rien ne se montre sensible à l'action des matières colorantes précitées ; l'absence de cette propriété, même en dehors de toute autre observation, est une preuve

suffisante qu'aucune substance ne partage la nature du filament chromatique du nucléole.

Par filament chromatique nous entendons parler de la substance qui fait le fond de cet élément. Car des essais appropriés établissent que ce corps filamenteux n'est pas aussi simple qu'il le paraît, mais est constitué d'un étui membraneux, insoluble dans les acides forts et les alcalis, et d'une substance, soluble dans les mêmes réactifs, qui l'emplit plus ou moins complétement. Celle-ci seule est réfringente et chromatique. Après sa dissolution, dont on peut suivre les progrès plus ou moins lents sous le microscope, on ne trouve plus qu'un boyau vide qui conserve sa forme et se présente nettement comme tel. Mais cet étui n'est plus susceptible d'aucune trace de coloration, si ce n'est d'une teinte passagère sous l'influence de matières colorantes qui, comme la safranine et d'autres anilines, exercent une action égale sur beaucoup de substances cellulaires.

Ces essais permettent en outre de dissiper les derniers doutes sur la nature des menues granulations que l'on rencontre souvent disséminées dans la trame finement réticulée du caryoplasme, et dont la propriété de se colorer plus ou moins par le vert de méthyle et le carmin pourrait parfois sembler discutable.

Ces granulations résistent également bien aux deux sortes d'agents qui dissolvent la nucléine; la constatation de ce fait tranche la question en rendant impossible leur identification avec cette substance. Ce ne sont sans doute que des corpuscules de substances albuminoïdes, plus réfractaires au suc gastrique que le reste de l'enchylème, et qui, participant dans une certaine mesure de la nature du réticulum plastinien, bénéficient avec lui du privilège de l'indigestibilité.

Pratiquée sur des matériaux conservés dans l'alcool, la digestion laisse dans le noyau un résidu beaucoup plus considérable; ce qui est tout à fait conforme à ce qu'on pouvait prévoir, vu l'indigestibilité relative des albuminoïdes fixés par les réactifs.

A plus forte raison le nucléole persiste-t-il aussi. Il est même si peu modifié que sa structure n'en est pas rendue plus facilement appréciable, à cause surtout de la conservation plus ou moins complète de sa membrane. Celle-ci continue généralement à y adhérer étroitement et empêche, par le fait même de sa présence, qu'on se rende exactement compte de son contenu.

Le résultat de l'expérience dans ces conditions est donc presque nul en lui-même.

Nous ne nous y serions pas même arrêté, si Zacharias ne s'était servi

de ce fait purement négatif pour justifier l'hypothèse de la nature purement plasmatique du nucléole des *Spirogyra*.

Rappelons, sous forme de conclusion, les deux faits principaux révélés par cette étude.

Le filament chromatique du nucléole ne se digère pas dans la liqueur digestive artificielle.

La substance chromatique est localisée dans un étui de plastine, et celui-ci devient visible comme tel après l'enlèvement de celle-là par les dissolvants de la nucléine.

E. Les alcalis et les sels alcalins.

A ce propos encore, il y a lieu de distinguer soigneusement les matériaux frais de ceux que l'alcool a en quelque sorte momifiés par une longue et vigoureuse fixation. Non pas que les résultats obtenus par l'usage des deux sortes de matériaux soit finalement différents, mais parce qu'on a souvent l'occasion d'observer, pendant les manipulations, des particularités accidentelles qui ne tiennent qu'à la nature des objets d'étude, et qui doivent être expliqués par elle.

A. matériaux durcis par l'alcool.

1° *L'ammoniaque.*

Ce réactif même concentré semble d'abord peu actif sur des noyaux de *Spirogyra* fortement fixés par un long séjour dans l'alcool.

Il est même difficile, en opérant sur le porte-objets, et conséquemment avec des quantités modiques du réactif et pendant un temps fort limité, de se faire une conviction sur la solubilité d'une partie quelconque du noyau sous son influence. Mais l'examen des matériaux immergés pendant un temps plus considérable dans cet alcali ne laisse aucun doute sur la disparition qu'il provoque d'une portion notable du nucléole.

De réfringent qu'il était, il est devenu transparent, et laisse voir à l'intérieur de sa membrane, parfaitement bien conservée et rendue actuellement bien visible, ce système de filaments d'aspect semblable à celui dont l'usage des acides forts a déjà provoqué l'apparition dans les conditions analogues.

De plus, il a perdu toute aptitude à la coloration, si ce n'est, encore une fois, vis-à-vis des matières colorantes qui, comme la safranine, ne manifestent aucune préférence marquée pour la nucléine.

Ceci nous amène donc à constater de nouveau l'enlèvement complet de la substance réfringente et chromatique du nucléole par un réactif que l'on sait apte à dissoudre la nucléine, et les présomptions, suscitées déjà plus haut, renaissent ici avec une plus forte dose de probabilité. Cette dissolution est d'autant plus significative qu'elle est plus exclusive : circonstance éminemment bien réalisée dans cette expérience, car on chercherait vainement une modification quelconque survenue dans le caryoplasme. En effet celui-ci conserve absolument et la forme et la densité et le facies général qui lui ont été donnés d'une manière durable par le traitement alcoolique.

L'aspect du nucléole ne s'est guère modifié lui-même. Il ne s'est pas gonflé, ni déformé; n'étaient la perte de sa réfringence et son inaptitude actuelle à se colorer, on pourrait croire qu'il est sorti indemme de son immersion dans l'ammoniaque. Il ne nous semble pas douteux cependant que le stroma non chromatique qu'il renferme encore ne soit l'étui de plastine, que l'usage des alcalis sur les nucléoles digérés nous a déjà conduit à reconnaître. Bien que cet étui se soit vidé, il reste en place en conservant sa forme primitive, grâce au durcissement qu'il a subi, et il concourt, comme par le passé, avec la membrane qui est également bien conservée, à former la charpente de l'organe. Il n'est pas étonnant dès lors que celui-ci conserve à peu de chose près son facies général.

2° *La potasse.*

La potasse conduit identiquement aux mêmes résultats, FIG. **31**; pourvu toutefois que l'on prenne soin de la diluer suffisamment pour modérer son action, et d'y prolonger quelque temps l'immersion des objets, FIG. **32**.

La potasse trop concentrée, détruisant tout l'édifice cellulaire par la dissolution successive de ses éléments, ne laisserait aucune signification à la disparition de la substance chromatique du nucléole.

D'autre part, si elle est très diluée, il faut que la durée de son action compense l'atténuation de son énergie. Dans ces dernières conditions, on obtient des résultats qui ne se traduisent pas moins nettement que ceux auxquels conduit l'usage de l'ammoniaque.

C'est du reste un fait indéniable que la nucléine est rendue beaucoup moins attaquable par suite de l'action prolongée des fixateurs, et que, parfois même, elle est mise à l'abri de ses dissolvants ordinaires, si ce n'est peut-être des plus énergiques, comme l'acide chlorhydrique, par exemple.

D'ailleurs la difficulté de dissoudre la nucléine par les alcalis peut encore tenir au durcissement, et à l'imperméabilité relative qui s'en suit, des éléments dans lesquels elle est engagée; et il faut tenir compte de ces multiples réactions secondaires, pour ne pas s'étonner de retrouver dans le nucléole des traces plus ou moins considérables de cette substance, après un séjour trop limité de l'objet dans le véhicule.

On sait du reste que, même sur le frais, la dissolution de la nucléine n'est jamais instantanée sous l'influence des réactifs.

3° *Les sels alcalins.*

C'est encore, croyons-nous, à une circonstance que nous venons de rappeler qu'il faut attribuer l'inéfficacité relative du traitement des nucléoles par le carbonate de potassium. Sur bien des espèces de *Spirogyra*, nous n'avons pu constater que l'enlèvement partiel de la substance chromatique du nucléole, même après un contact de plusieurs jours de ce réactif. Les nucléoles d'autres espèces se montrent cependant moins revêches, et le résultat définitif de ce traitement est encore la disparition, ou tout au moins l'atténuation considérable de la réfringence et de la teneur en chromatine de cet élément.

Nous pourrions dire la même chose du cyanure de potassium, du phosphate sodique et des sels ammoniacaux, reconnus actifs sur la nucléine. On n'observe à leur égard que des différences de détails, inhérentes à leur énergie respective et à leurs propriétés secondaires. Le fait essentiel est tout à fait constant; nous voulons dire la dissolution complète ou partielle de la substance à laquelle le nucléole doit sa réfringence primitive et son aptitude à la coloration.

B. MATÉRIAUX FRAIS.

Si, d'un côté, l'usage des matériaux longtemps fixés par l'alcool peut dans beaucoup de cas laisser subsister des doutes sur l'action des réactifs dans le nucléole, d'un autre côté, leur application sur des matériaux vivants entraîne des difficultés d'un autre genre.

L'action des réactifs, faibles ou concentrés, sur les cellules est assez difficile à modérer, à cause des désordres considérables qu'ils provoquent dans leur économie générale. Le gonflement exagéré des corps chlorophylliens, qui en résulte, est un grand obstacle à l'examen d'un corps qui se trouve immédiatement englobé dans le magma coloré qu'ils forment, et est ainsi souvent soustrait presque entièrement à l'observation.

De plus, la pénétration du réactif jusqu'au nucléole est rendue très laborieuse et très lente. Cependant on trouve toujours, par ci par là dans la préparation, un noyau qui se présente mieux que les autres à l'observation, et on peut suivre suffisamment l'action du réactif sur lui pour s'en faire une idée exacte.

On obvie du reste à cet inconvénient en fixant très modérément les cellules au moment de s'en servir, soit par l'alcool sulfureux, soit par l'acide nitrique dilué ou par tout autre moyen propre à fixer rapidement en place les éléments cellulaires.

Les résultats obtenus dans ces nouvelles conditions sont tout à fait concluants, et tous les essais prouvent, chacun à sa façon, la solubilité de la substance chromatique du nucléole dans tous ces dissolvants même peu énergiques de la nucléine. Seulement on ne doit pas perdre de vue que cette dissolution est lente de sa nature, et il faudrait se garder de conclure trop tôt à l'inefficacité du réactif, si on ne lui avait pas laissé le temps d'exercer son action d'une manière complète.

On peut également diriger ses observations sur des noyaux que l'on expulse des cellules vivantes par une pression brusque exercée sur le verre-à-couvrir. Les meilleures conditions d'étude sont alors réalisées.

Dans ce cas, pourvu que l'on emploie le réactif à l'état très dilué, s'il est énergique, pour empêcher une action trop brusque et trop violente qui, pour n'être pas différente, est cependant, par le fait même de sa rapidité, beaucoup moins favorable à l'étude et moins instructive; il devient très aisé de se convaincre que le nucléole est tout particulièrement sensible à son action.

On le voit, en effet, se gonfler beaucoup, égaler en volume le caryoplasme circonvoisin et offrir bientôt l'aspect d'une vésicule homogène mais d'autant moins réfringente que ses dimensions deviennent plus considérables. Plus tard, le gonflement s'exagérant encore, il arrive fréquemment que cette vésicule crève et que son contenu s'épanche, au moins partiellement, dans le liquide de la préparation. Il serait alors fort laborieux d'en poursuivre l'analyse sous le microscope, car les réactifs dont on ferait usage pourraient en entraîner des parties dont il serait difficile de déceler la nature et la valeur.

La membrane qui persiste donnerait lieu cependant encore à une constatation qu'il n'est pas inutile de refaire; bien qu'il nous ait déjà été permis de l'observer et sur le frais et après l'usage des acides forts. On ne saurait

en effet faire renaître, dans trop de circonstances variées, un même détail litigieux : sa réapparition constante, à la suite des manipulations les plus diverses, est la meilleure garantie de sa réalité.

Il va de soi que cette membrane ainsi vidée, n'est plus sujette à coloration par le vert de méthyle, ni par le carmin. Mais en est-il de même de son contenu? Celui-ci peut encore faire l'objet d'observations précises, sur des nucléoles dont le gonflement n'a pas été porté à un degré préjudiciable à leur intégrité.

Nous nous y arrêterons même un moment; car, en dehors de l'étude de l'action principale des réactifs alcalins, dont les résultats nous sont déjà suffisamment acquis, ils peuvent donner lieu à des observations du plus haut intérêt.

Nous aurions borné notre exposé à ce qui va suivre, que la certitude de nos conclusions n'en aurait été nullement amoindrie.

Néanmoins nous n'avons pas voulu nous départir du plan que nous avons adopté, pour avoir l'occasion de rencontrer, au cours de l'exposé méthodique de l'action des réactifs différents les plus avantageux pour cette étude, les principaux faits dont on s'est servi, en les interprétant diversement, et souvent d'une manière erronée ou incomplète, pour établir les opinions si diverses que nous avons relatées au début. Ces observations réunies ainsi en faisceau fourniront du reste la matière de la partie critique qui termine ce travail.

Manifestation de l'élément nucléinien.

Dans le but de mettre en pleine lumière l'élément nucléinien, nous déposons les matériaux frais sur le porte-objets, dans une goutte de carmin légèrement alcalin, et, après avoir déposé le verre-à-couvrir, nous écrasons brusquement la préparation sous le front de l'objectif, dans le but de léser les cellules et d'amener ainsi de suite le contact du réactif, aussi bien avec les nucléoles restés en place, qu'avec ceux qui ont été projetés en dehors et disséminés dans la liqueur de la préparation.

Après quelques minutes, ceux-ci ont pris l'aspect de petites vésicules assez hyalines, apparemment homogènes et uniformément teintées de rouge. Leurs contours s'élargissent insensiblement. Nous leur laissons prendre un diamètre double ou triple de ce qu'il était d'abord, puis nous faisons arriver doucement une goutte d'alcool médiocrement dilué, ou de tout autre contracteur, comme l'acide acétique, l'iode, l'acide picrique, l'acide chromique, etc.

Quelques instants après, les nucléoles ainsi traités se prêtent à la plus intéressante des observations qu'on puisse faire sur ce difficile objet d'étude.

On voit se dessiner, d'une manière saisissante, à l'intérieur de la membrane nucléolaire restée distendue, un superbe boyau continu, magnifiquement coloré, en rouge vif, par le carmin. Fig. **33**, **34**, **35** et **36**, *bn*.

Le doute n'est pas possible, on se trouve en présence d'un élément nucléinien affectant la disposition qu'on lui connaît aujourd'hui, dans un grand nombre de cellules. Ce qui fait l'intérêt de cette observation, c'est que cette structure, si difficile à saisir dans la plupart des cas, s'impose ici avec une évidence qui exclut toute hésitation.

Malgré la petitesse de l'objet, les anses du boyau sont si nettement distinctes les unes des autres, on en suit si aisément les circonvolutions multiples, sa continuité dans tout l'espace qu'il occupe est si manifeste que nous trouverions difficillement à citer un exemple plus démonstratif de cette curieuse disposition. Nous n'hésitons pas à le comparer avec le boyau classique des larves de *Chironomus*. Celui-ci ne se présente guère avec plus d'évidence, en effet, sous l'objectif D de Zeiss, que celui des *Spirogyra*, obtenu comme il vient d'être dit, sous un objectif à immersion homogène. A part son extrême petitesse, celui-ci a du reste beaucoup de ressemblance avec celui-là. Ses anses sont également bien arrondies, ses circonvolutions, presque aussi peu nombreuses, sont suffisamment espacées entre elles pour ne pas faire naître l'idée de soudures réciproques, et permettre de les suivre dans tout leur parcours; l'étui plastinien n'y est pas moins saisissable, et la nucléine y est distribuée d'une façon qui, pour être différente, peut faire également l'objet d'une étude relativement facile.

Disposée en disques ou en anneaux échelonnés de distance en distance, dans le *Chironomus*, cette substance revêt ici le plus souvent la paroi interne de l'étui, fig. **37**, d'une couche également ou inégalement épaisse, continue ou fragmentée, granuleuse ou même ordonnée en petits disques ou en anneaux empilés, comme il nous a été permis de le reconnaître plus d'une fois, à la suite de divers traitements. Cette disposition de la nucléine s'observe sans trop de peine sur des coupes optiques longitudinales et transversales du boyau, et il est très intéressant de retrouver dans cet infime organisme les phénomènes observés dans les objets qui se sont le mieux prêtés à l'étude.

Nous ne voudrions du reste pas reconnaître à ces divers aspects affectés par la nucléine à l'intérieur du boyau plastinien, une importance que la ma-

nière accidentelle et variable dont ils se produisent ne semble pas justifier. Mais ils concourent admirablement à la mise en lumière du boyau ou étui non chromatique, rendu directement saisissable comme tel, là surtout où la substance chromatique présente des solutions de continuité.

D'ailleurs cette substance ne s'y présente pas à l'état solide; mais bien plutôt à l'état liquide, visqueux ou semi-fluide : témoins les mouvements qui s'y produisent insensiblement, quand la fixation n'a pas été faite à point. La nucléine se retire alors peu à peu de certains endroits du boyau, *bn*, pour s'accumuler dans d'autres et provoquer des bosselures locales, *nu*, qui altèrent la régularité primitive de l'étui, FIG. **38**.

Ces renflements peuvent devenir ainsi d'autant plus considérables qu'ils sont moins nombreux, et faire naître l'illusion de la substitution d'un certain nombre de nucléoles nucléiniens secondaires splendidement colorés, FIG. **39**, **40**, en lieu et place du boyau primitif. Mais ce n'est là, disons-nous, qu'une illusion; car, que ce nucléole secondaire apparent soit unique et très gros ou qu'il s'en soit formé un nombre considérable, dix, quinze, vingt ou même plus, et alors très petits, il est toujours extrêmement facile de constater qu'ils occupent chacun une partie déterminée du boyau plastinien devenu incolore dans les portions qui, en se vidant, se sont contractées, mais ne cessent pas d'être parfaitement reconnaissables.

L'action prolongée d'un excès d'ammoniaque sur tous ces boyaux diversement modifiés conduit toujours à un résultat identique : la dissolution intégrale de la substance visqueuse, chromatique et réfringente, dont nous venons d'étudier le mouvement à l'intérieur d'un étui de plastine.

Les acides nitrique et chlorhydrique forts la dissolvent aussi; l'acide chlorhydrique à 2 o/oo la respecte; même après un contact de plusieurs jours, le suc gastrique la laisse intacte, au milieu de la désorganisation du protoplasme circonvoisin et même des membranes nucléaires et nucléolaires; le chlorure de sodium la gonfle sans la dissoudre. En faut-il plus pour établir d'une manière péremptoire, que cette substance ne peut-être que de la nucléine, dont la nature se traduit sous mille formes, par les réactions les plus propres à la caractériser?

L'étui membraneux qui la renferme, au contraire, se retrouve intact après toutes ces manipulations pratiquées sous les yeux mêmes de l'observateur. Insoluble dans l'ammoniaque, les sels alcalins, la potasse diluée, l'acide nitrique fort, réfractaire à l'action de l'acide chlorhydrique à 2 — 4 o/oo, inattaquable par le suc gastrique, et persistant d'une manière stable

au milieu de toutes les réactions les plus propres à désorganiser, digérer et dissoudre la matière vivante ; de quoi peut-il être formé si ce n'est de plastine?

Faisons maintenant un retour sur les observations antérieures. Nous sommes en mesure d'affirmer que le stroma, en apparence réticulé, que nous avons invariablement retrouvé dans le nucléole, après l'usage des dissolvants de la nucléine, n'est autre chose que cet étui plastinien, que son aspect ratatiné dans des circonstances propres à le réduire autant que possible rendait alors difficile à analyser. C'est encore lui que nous avons vu, dans tous les cas de digestion observés, continuer à maintenir la nucléine sous la forme filamenteuse normale. C'est lui enfin, seul ou accompagné d'un peu de plastine étrangère à lui-même, que nous avons vu persister comme dernier témoin du nucléole, après l'enlèvement de la nucléine par ses dissolvants, sur des préparations digérées.

Cette structure de l'élément nucléinien, dans les noyaux au repos des *Spirogyra*, nous a paru présenter les caractères d'une constance absolue, dans toutes les espèces que nous avons soumises à l'observation. Elle se représente, au cours des manipulations, dans des conditions si diverses et d'ailleurs si bien en harmonie, qu'elle ne laisse aucune place au doute.

Lorsque le carmin ammoniacal employé est trop faiblement alcalin, relativement à la résistance plus grande de certaines espèces, la membrane nucléolaire seule se distend et le boyau pelotonné, seul coloré, reste au centre de la vésicule hyaline ainsi produite, en conservant sa densité et ses dimensions normales. Mais, même dans ce cas, sa structure peut être reconnue; car il a suffi, pour en faire apercevoir distinctement les anses périphériques diversement contournées, d'en détacher la membrane relativement très grosse qui, dans les conditions ordinaires, en diminue singulièrement l'évidence, par le fait même qu'elle les comprime de manière à en faire une pelote tellement dense qu'elle paraîtrait homogène.

Il suffit alors d'ajouter une trace d'ammoniaque libre, pour voir cette petite pelote s'élargir, distendre, dérouler ses circonvolutions et se présenter comme un boyau continu, avec la même évidence que lorsque celui-ci a suivi, dès le début de l'opération, le mouvement d'expansion de la membrane nucléolaire, pour se rammasser ensuite quelque peu sur lui-même sous l'influence d'un léger contracteur.

Enfin les choses sont peut-être plus démonstratives encore, si c'est possible, lorsque la pression subite exercée sur le verre-à-couvrir a non seulement amené la sortie du nucléole en dehors du caryoplasme, mais même a

provoqué l'expulsion de son contenu en dehors de la membrane nucléolaire; ce qui se produit même assez souvent indépendamment de la volonté de l'opérateur.

Le boyau nucléinien, ainsi projeté dans le liquide de la préparation et tout à fait dégagé d'entraves, s'y colore à merveille, se gonfle, se déroule et peut subir, sous la seule influence des mouvements divers imprimés au couvre-objets, des étirements, des déformations de toutes sortes, qui font mieux apprécier sa structure intime.

C'est alors aussi particulièrement que l'on peut s'assurer que si le nucléole, outre son boyau nucléinien, renferme aussi du protoplasme, celui-ci doit être réduit à des proportions infimes; car les essais les plus variés n'ont pu nous en révéler même l'existence d'une manière certaine. La masse de l'élément nucléinien est du reste si considérable que des traces de protoplasme pourraient à peine trouver place avec lui dans le nucléole. D'autre part le traitement par les alcalis est peu propre à le dévoiler, s'il existe.

Nous nous trouverons peut-être plus loin dans de meilleures conditions pour nous faire une opinion à cet égard.

CONCLUSIONS.

La manifestation tangible de l'élément nucléinien exclusivement localisé dans le nucléole, son identification par les multiples essais chimiques auxquels il donne lieu, nous mettent en possession de la solution pleine et entière du problème.

Le doute n'est plus possible; le fait s'impose avec tous les caractères de l'évidence; il doit faire tomber toutes les préventions, quelle que soit l'autorité des savants qui ne l'ont pas constaté. A défaut de cette observation fondamentale, toutes les autres devaient rester infructueuses, ou conduire à des conclusions qui sont en contradiction flagrante avec une foule d'autres observations partiellement exactes.

Malgré toutes les assertions contraires, nous ne craignons pas d'affirmer que le nucléole des *Spirogyra* reproduit fidèlement, dans ses traits essentiels, la structure des noyaux les plus parfaits.

Il a une membrane propre, probablement une partie protoplasmatique, quoique fort réduite; il renferme toute la nucléine du noyau, et celle-ci est exclusivement confinée dans un étui de plastine, qu'elle remplit plus ou moins complétement.

Que lui manque-t-il pour être un véritable noyau? Absolument rien! C'est tellement un noyau que si nous n'avions cru devoir reconnaître antérieurement que la mince couche continue et très dense, que l'on voit surtout bien apparaître dans certaines conditions spéciales, autour de la masse protoplasmatique centrale des cellules ou à une certaine profondeur dans son sein, fût une véritable membrane et par suite une membrane nucléaire, nous affirmerions que le prétendu nucléole est en réalité lui-même le vrai noyau des *Spirogyra*.

La présence d'une membrane circonscrivant une certaine zone de protoplasme autour de lui, ne lui laisse plus que la valeur d'un nucléole, si l'on tient plus compte de sa position que de sa nature. Quoi qu'il en soit, nucléole par position, noyau par nature, on ne peut lui refuser le nom de *nucléole-noyau*, dans le sens attaché à ce mot par J. B. Carnoy.

L'absence absolue, constatée maintes fois, de toute substance chromatique ou, plus exactement, de toute nucléine en dehors du nucléole; la présence d'une membrane propre à celui-ci, traduite dans les circonstances les plus diverses et même sur le frais; le chromatisme exclusif du contenu nucléolaire; la solubilité d'une partie de ce contenu dans les dissolvants alcalins et acides de la nucléine, et la perte, consécutive à cette dissolution, de toute aptitude à la coloration par le vert de méthyle; sa persistance intégrale dans les digestions, l'aspect difficile à analyser du stroma non chromatique qui persiste après les réactions propres à amener la dissolution de la nucléine, sans entamer la plastine, tout cela trouve son explication naturelle dans l'observation finale de la structure et de l'organisation réelles de ce petit organe, se traduisant avec une netteté parfaite jusque dans ses plus infimes détails.

C'est la synthèse après l'analyse.

ARTICLE II.

LE NUCLÉOLE DES SPIROGYRA PENDANT LA DIVISION CELLULAIRE.

Notre thèse est déjà suffisamment établie. On peut encore cependant lui trouver de nouveaux appuis, et nous ne pourrions la priver de la confirmation qu'elle attend de l'exposé fidèle et de l'interprétation naturelle des phénomènes caryocinétiques, dont il nous reste à parler.

Les résultats concluants obtenus dans l'étude précédente nous permettront d'être bref dans le développement de cet article.

Après avoir fixé l'état actuel de la question, et déterminé la méthode que nous avons cru devoir suivre dans cette nouvelle étude, nous ferons l'exposé sommaire de nos propres recherches, en les rattachant à la démonstration de trois propositions qui résument fidèlement toute la question.

I. ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION.

Les opinions, sur ce côté particulier de la question, sont aussi diverses que celles qui concernent la nature du nucléole pendant le repos de la cellule. Celles-là ont, du reste, été manifestement inspirées par celles-ci, elles en sont en quelque sorte la conséquence logique.

Chaque auteur ayant sa conviction faite d'après l'étude du nucléole quiescent, il se borne à chercher, pour les mouvements qui s'y manifestent au moment de la division cellulaire, une interprétation qui n'aille pas à l'encontre de ce qu'il croit préalablement établi. C'est bien plutôt pour tous, le développement d'autant de systèmes préconçus, appliqués à priori aux phénomènes caryocinétiques observés, que la recherche dans ces mêmes phénomènes de nouvelles données propres à éclaircir la question.

Nous aurons même plus tard l'occasion de citer à ce sujet quelques inconséquences, dont il nous serait possible de tirer grand parti dans la partie critique de ce travail.

Rappelons brièvement les idées de ceux qui se sont occupés d'une manière plus spéciale de la division chez les *Spirogyra* : Strasburger, Flemming, Tangl, E. Zacharias, Macfarlane.

I. Strasburger reconnaissant de la chromatine et dans le nucléole et et dans le caryoplasme circonvoisin, attribue à ces deux éléments une part commune, bien qu'inégale, dans la formation de la plaque nucléaire.

En 1880 (1) il écrivait à ce sujet :

» Das Kernkörperchen bleibt zunächst in seine Gestalt erhalten, doch » alsbald, und zwar etwas früher oder später, sieht man es in einige unre- » gelmässige gestaltete Körner zerfallen. Diese Körner haben die Neigung » sich in der Aequatorialebene des Zellkerns anzuordnen..... »

» Die Veränderungen, welche das Kernkörperchen erfährt, sind nur mit » Hilfe von Reagentien festzustellen, im frischen Zustande wird das Kern- » körperchen alsbald undeutlicher und scheint dann zu schwinden. »

Revenant deux ans plus tard (2) sur la même question, il précisait ses vues en ces termes, dont la concision ne diminue pas la clarté :

»In lebenden Objecten scheint jetzt das Kernkörperchen zu schwinden; » in Wierklichkeit geht es in den Bau des Kernfadens ein, der sich in zahl- » reiche Windungen legt, die annähernd parallel zu einander und senkrecht » zu den Endflächen der Kernhöhle verlaufen. »

II. Flemming adopte complétement l'opinion de Strasburger, et pour la même raison.

Cela résulte bien plus du contexte que des quelques lignes que nous allons citer; les seules que l'auteur consacre à cet important sujet.

Voici ses termes : (3)

» Der Nucleolus deconstituirt sich jetz, wobei er bei der plattkernigen » Art blassere Seitenlappen zeigt. Es folgen Stadien in denen die chroma- » tische Figur bei der Winzigkeit der Verhältnisse einem Körnerhaufen » gleicht, der aber wohl ein feinfadiger Knäuel sein kann. »

III. Tangl (4) arrive à cette conclusion que la formation de la plaque nucléaire est le résultat d'un processus de différentiation de la substance du nucléole qu'il reconnaît n'être pas homogène; mais dont il ne détermine aucunement la nature chimique, ni ne précise la structure.

IV. E. Zacharias (5) enfin, ne voulant reconnaître au nucléole qu'une nature exclusivement plasmatique, doit lui refuser toute participation à la

(1) *Zellb. und Zelth.*, 1880, p. 174.

(2) *Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne*; Archiv fur mikroskopische Anatomie, 1882, p. 524.

(3) *Zellsubs., Kern und Zellth.*, 1882, p. 316.

(4) *Ueber die Theilung der Kerne in Spirogyrazellen;*..... Sitzungsber. d. Wiener Akademie, 30 März, 1884.

(5) *Ueber den Nucleolus*, 1886, p. 8.

formation de la plaque nucléaire. Il lui accorde tout au plus un rôle secondaire dans la formation des filaments plasmatiques du fuseau.

» .....So ist die wahrscheinlichere Annahme die, dass diese letzteren » (ausserhalb des Nucleolus im ruhenden Kern Substanzen mit Nuclein- » reaction) das Material zur Bildung des Kernplatte liefern, während die » Substanz des Nucleolus vielleicht bei der Bildung der Spindelfasern sich » betheiligt. »

V. Macfarlane (1) se tait sur la nature du nucléole des *Spirogyra*. Il ne lui reconnaît aucune participation dans la formation de la plaque nucléaire, qu'il dit expressément ne pas se produire dans la caryocinèse de ces plantes.

On le voit, ces assertions sont inconciliables.

II. MÉTHODE.

C'est à l'observation qu'il faut recourir pour obtenir les éléments d'une solution. De plus, puisqu'il s'agit ici avant tout d'analyser les stades successifs d'une évolution progressive, où tous les phénomènes particuliers s'enchaînent dans une subordination rigoureuse, et fournissent eux-mêmes leur explication réciproque, il est de la plus stricte nécessité d'en faire une étude sur les objets vivants, et de suivre *de visu*, sous le microscope, la marche graduelle des mouvements et des transformations.

Sans doute il est plus commode de soumettre à l'investigation des matériaux recueillis une fois pour toutes, et conservés dans l'alcool ou tout autre fixateur d'où l'on n'a qu'à puiser, suivant les besoins; mais on est réduit, dans ces conditions, à relever plus ou moins fidèlement une série d'étapes, qui ne sont qu'autant de points d'arrêt du phénomène et qui ne portent pas en eux-mêmes la preuve inéluctable de leur succession.

C'est là ce qui a donné lieu à cette critique de E. Zacharias (2) à l'égard des assertions de Strasburger et de Tangl : » Die citirten Angaben von » Strasburger und Tangl beruhen auf dem Studium gehärteten Materials. » An der lebenden Zelle beobachtet man das Verschwinden des Nucleolus » und darauf das Auftreten der Kernplatte. »

Mais ce même savant ne nous semble pas se montrer plus rationnel lui-même quand, immédiatement après, il substitue une simple hypothèse à des faits, alors même que ceux-ci ne réuniraient pas tous les caractères d'une

(1) *Transact. Botan. Soc. of Edinburgh*, Vol. XIV, 1881, p. 202.

(2) Loc. cit., p. 8.

constatation absolument rigoureuse. Nous avons rappelé ses paroles plus haut, lorsque nous avons résumé sa manière de voir dans la question présente. Du reste, il avance à ce propos des assertions qui nous paraissent contraires à l'évidence des faits.

» Berücksichtigt man nun weiter, dass der Nucleolus nicht, wohl aber die » Kernplatte auf Nuclein reagirt, dass ferner ausserhalb des Nucleolus sich » im ruhenden Kern Substanzen mit Nucleinreaction vorfinden..... »

Il va sans dire que nous ne proscrivons pas l'usage des réactifs. Nous proclamons, au contraire, que leur concours est absolument indispensable. La lumière ne peut jaillir que de l'étude parallèle des matériaux frais et de ceux qui ont été diversement traités. Les résultats obtenus dans les deux cas se prêtent un contrôle mutuel nécessaire.

III. OBSERVATIONS.

Notre intention n'est évidemment pas de faire une étude complète de la division cellulaire chez les *Spirogyra*. Il doit nous suffire de suivre le nucléole, si c'est possible, à travers tous les mouvements caryocinétiques, sans nous occuper autrement des éléments qui l'entourent, que pour en tirer des renseignements propres à nous éclairer sur sa véritable nature.

Disons-le de suite :

I. Il est possible de suivre pas à pas le nucléole pendant toute la durée du phénomène, parce que jamais il ne disparaît réellement.

Cela est vrai, car, à aucun moment, le nucléole ne cesse d'être directement visible, sinon sur le frais, du moins à la suite de réactions toujours faciles à produire. Il ne cesse d'être ce qu'il est, au moins dans ses caractères essentiels. Jamais donc il ne se dissout.

A côté de cette proposition générale, nous en formulerons deux autres, corrélatives en quelque sorte, et qui fixent les traits essentiels du rôle du nucléole dans la caryocinèse.

II. Le nucléole-mère fournit à lui seul toute la nucléine de la plaque nucléaire (*Kernplatte*), au début des mouvements caryocinétiques.

III. Les nucléoles-filles accaparent toute la nucléine des couronnes polaires, après l'évolution complète de ces mouvements.

Ces trois propositions résument les points principaux qu'il s'agit d'éclaircir. Leur démonstration résultera, croyons-nous, de l'exposé consciencieux de nos recherches, qui sera bien plutôt une synthèse des faits communs à toutes les espèces soumises à l'examen, qu'une analyse détaillée d'un seul

cas particulier. Nous viserons cependant d'une manière plus spéciale les espèces à noyaux ronds, dont l'étude est plus facile et conséquemment plus avantageuse.

PREMIÈRE PROPOSITION.

Il est possible de suivre pas à pas le nucléole pendant toute la durée des phénomènes caryocinétiques, parce que jamais il ne disparaît réellement.

Nous prenons le noyau au moment où il est à l'apogée de son développement et commence à manifester, par l'allongement qu'il présente, dans le sens de l'axe longitudinal de la cellule, une disposition bien marquée à la division, FIG. **41**.

Le nucléole est encore à l'état de repos. Il serait superflu de démontrer à nouveau qu'il se colore d'une manière tout à fait caractéristique par le carmin et le vert de méthyle, et que ce dernier le colore seul à l'exclusion de tous les éléments du noyau soit sur les cellules vivantes, soit sur les cellules fixées, pourvu cependant qu'elles n'aient pas subi l'action prolongée d'un dissolvant de la nucléine. Cela a été prouvé déjà, et nous l'affirmons encore malgré l'assertion contraire de ZACHARIAS rappelée plus haut.

Le nucléole a encore sa membrane, et, pour peu qu'on parvienne d'une manière quelconque à briser l'équilibre de réfringence existant entre ses éléments, on n'a pas de peine à y reconnaître les anses du boyau qui en constituent la masse principale.

Nous nous sommes d'ailleurs assuré directement de l'existence du boyau nucléinien à l'intérieur de la membrane nucléolaire par l'action successive du carmin ammoniacal et de l'alcool, ainsi que nous l'avons détaillé précédemment.

Le fait est incontestable.

Bientôt les mouvements avant-coureurs de la division du noyau s'accentuent. Le cytoplasme se porte abondamment aux deux pôles de cet organe et s'y accumule en quantité considérable, tout en fortifiant dans une large mesure les cordons qui le rattachent à la périphérie, FIG. **42** et **43**, *cyp*.

Nous n'avons pas à nous appesantir sur ce phénomène, qui a d'ailleurs été longuement décrit par STRASBURGER particulièrement.

Plus tard on voit le cytoplasme descendre en partie de ces extrémités sur tout le pourtour du noyau et y former une couche d'épaisseur variable, mais toujours mince relativement aux deux masses polaires.

Le noyau conserve encore sa membrane, *mn*. Celle-ci devient même beaucoup plus évidente et, mise à l'abri par le protoplasme polaire des tirail-

lements qu'elle subissait d'abord, aux deux extrémités du grand diamètre de l'organe, de la part des cordons suspenseurs, elle reprend des contours beaucoup plus sensiblement sphériques, au moins dans les espèces à noyau rond, que nous envisageons plus spécialement.

La striation longitudinale que l'on voit bientôt se produire d'une manière très accusée dans les deux masses cytoplasmatiques en forme de cônes, appliqués par leur base sur les pôles du noyau ainsi transformé, FIG. **44** et **61**, précède généralement toute modification analogue dans ce dernier. Le caryoplasme ne semble pas encore retravaillé; il conserve toujours son homogénéité normale. Mais bientôt l'action des fixateurs permet de constater, FIG. **45**, que le caryoplasme commence à être l'objet d'un remaniement graduel dont le résultat définitif sera la transformation de sa trame réticulée, et radialement distribuée dans le principe autour du nucléole, en un faisceau de filaments très marqués, *ca*, dont le parallélisme s'accentue progressivement, et qui ne tarderont pas à se constituer en continuité parfaite avec ceux des masses polaires, pour former le corps du fuseau, dont les extrémités et la partie périphérique se sont déjà façonnées antérieurement dans le cytoplasme ambiant.

En même temps la membrane nucléaire, *mn*, entre en résolution, particulièrement sous les pôles du fuseau, FIG. **46**, où elle montre déjà des solutions de continuité, alors qu'elle est encore tout à fait intacte à l'équateur. Cette résolution est progressive et lente; elle ne devient complète que plus tard.

D'après nos observations, il nous a semblé que, dans la grande majorité des cas, le nucléole ne subissait aucune modification profonde avant l'évolution plus ou moins complète de ce remaniement du caryoplasme; si ce n'est peut-être qu'il augmente un peu de volume, accuse des contours moins régulièrement sphériques, parait même souvent se mamelonner légèrement et devient plus hyalin en perdant un peu de sa réfringence primitive. Mais il ne cesse pas encore d'être ce qu'il était antérieurement. Il est toujours ce petit corps sans structure apparente sur le frais, éminemment apte à se colorer par le vert de méthyle et trahissant, à la suite de l'action des fixateurs, un aspect parfaitement en harmonie avec l'idée qu'on a dû se faire antérieurement de son organisation. On peut cependant observer généralement à ce moment que le boyau nucléinien est moins ramassé sur lui-même, que les anses en sont plus espacées et que la membrane nucléolaire, déjà très amincie, subit sans résistance la poussée qu'elles exercent de l'intérieur;

en effet, cette membrane forme en beaucoup d'endroits de sa surface des doigts de gant peu saillants, dans lesquels restent momentanément invaginées les anses qui en ont provoqué la formation.

C'est à cela, croyons-nous, qu'il faut rapporter les bosselures, les prolongements, les espèces de pseudopodes que le nucléole présente alors sur les matériaux vivants, et que FLEMMING a déjà signalés : *ps*, FIG. **47** et **61**.

Ce n'est souvent que lorsque la membrane nucléaire a presque entièrement disparu, que la membrane nucléolaire commence à se résoudre à son tour. Et si le nucléole, devenant alors plus hyalin encore et moins réfringent, a pu donner lieu à l'hypothèse d'une dissolution de sa substance au sein du caryoplasme, cette dissolution n'en est pas plus réelle cependant; car, lorsque les conditions qui en suggèrent l'idée sont le plus complétement réalisées, il suffit de faire usage d'un fixateur, pour le voir réapparaître intégralement sur place.

Ce n'est donc encore qu'une illusion de plus à mettre sur le compte des effets optiques produits par la variabilité de réfringence des éléments organiques. L'égalité de réfringence, qui n'existait d'abord qu'entre les éléments constitutifs du nucléole et lui donnait un aspect homogène, tout en le rendant très distinct du caryoplasme circonvoisin, s'est maintenant étendue également à ce dernier, et il peut se faire que, à un moment donné, toute distinction appréciable à l'œil entre ces deux organes disparaisse sur des matériaux vivants.

Mais, outre que l'usage d'un fixateur prouve la permanence du nucléole, en le manifestant comme tel, à sa place normale, il permet encore de se rendre compte des modifications qu'il a subies, et qui sans cela seraient passées inaperçues sous le couvert d'une homogénéité trompeuse.

C'est en vain qu'on rechercherait sa membrane. Celle-ci s'est entièrement résolue, FIG. **48**, et sa disparition est d'autant plus facile à constater, que le boyau nucléinien s'est déroulé et souvent même déjà fragmenté, pour autant qu'on peut l'observer sûrement sur un objet de dimensions aussi réduites.

A ce sujet, nous croyons devoir faire remarquer que nous ne l'avons jamais trouvé divisé en une infinité de granulations infimes, comme FLEMMING le figure. Les tronçons ou bâtonnets, toujours beaucoup moins nombreux, nous ont paru conserver beaucoup plus d'analogie avec le boyau nucléinien primitif, dont nous ne doutons pas qu'ils dérivent. Or celui-ci ne

se distingue, dans le nucléole au repos, ni par une extrême ténuité, ni par une longueur démesurée; il est plutôt court et relativement gros.

Cette remarque doit s'appliquer également aux figures que donne le même auteur des stades ultérieurs de la division, jusqu'à la formation des couronnes polaires.

Il n'est donc pas douteux que, malgré les apparences parfois contraires sur le frais, on se trouve constamment en présence du même corps, toujours également sensible à l'action des mêmes réactifs, du vert de méthyle en particulier. Cette dernière propriété, invariablement maintenue, suffirait, à elle seule, à établir son identité.

Il ne peut donc pas non plus être question d'une fonte du nucléole se produisant au début des phénomènes caryocinétiques, et suivie de la reconstitution de toutes pièces, en son lieu et place, d'une plaque nucléaire formée d'éléments nouveaux ou étrangers, au moins dans leur partie essentielle, la nucléine, à la substance même du nucléole.

Notre première proposition aura son complément de démonstration dans le développement des deux autres. Celles-ci ne font en effet que préciser les deux phases de la division du nucléole-noyau : la bipartition du nucléole-noyau-mère, la reconstitution des deux nucléoles-noyaux-filles.

DEUXIÈME PROPOSITION.

Le nucléole-mère fournit à lui seul toute la nucléine de la plaque nucléaire dans la figure caryocinétique.

Formé essentiellement de nucléine et jouissant, en quelque sorte, du monopole de celle-ci, le nucléole seul fournit cette substance à la plaque nucléaire, car lui seul peut la fournir, FIG. **49**, **62**. Il ne nous semble pas douteux que cette plaque ne résulte tout simplement de la disposition en couronne équatoriale des bâtonnets produits par la fragmentation du boyau nucléinien primitif.

Cela est si vrai que, à part ZACHARIAS, qui d'ailleurs ne dit pas avoir étudié expressément les *Spirogyra* au point de vue de leur division cellulaire, tous les savants, qui s'en sont occupés, ont une façon de s'exprimer à ce sujet qui ferait croire que, malgré des préjugés contraires, ils ne peuvent révoquer en doute le fait que nous venons de signaler. Ou bien ils semblent abandonner momentanément leurs idées sur la constitution des noyaux au repos, comme FLEMMING; ou bien encore ils glissent rapidement sur un point qu'il devenait embarrassant d'approfondir, comme STRASBURGER; ou

bien enfin ils se servent, comme Tangl, de termes qui nous semblent peu précis, mais qui ne sont cependant au fond que l'expression générale du fait que nous croyons devoir établir.

Quand nous disons que la plaque nucléaire n'est que le résultat d'une distribution nouvelle des fragments du boyau nucléinien continu qui préexistait dans le nucléole au repos, nous ne voulons pas nier que ces fragments puissent emprunter au caryoplasme les éléments d'une certaine régénération, pendant leur immersion au sein du bain plasmatique, où ils sont disséminés et où ils sont soumis à des mouvements variés, qui les amènent finalement au parallélisme dans la couronne équatoriale. Mais il est difficile de recueillir à cet égard des renseignements précis.

On en trouverait peut-être un indice dans la légère augmentation de volume de la plaque nucléaire, à laquelle le nucléole a donné naissance en lui fournissant du moins l'élément essentiel, la nucléine. Cependant il nous paraît indispensable d'ajouter que si l'on constatait une véritable augmentation de cette substance, elle serait due à l'élaboration actuelle, sur place, et ne pourrait être attribuée à l'apport d'une dose quelconque de nucléine préalablement contenue dans le caryoplasme proprement dit, puisque les réactifs n'y en trahissent jamais la présence.

Certains cas anormaux, qui ne nous ont cependant pas paru extrêmement rares, en fourniraient, au besoin, une preuve éclatante. Il arrive, en effet, que la plaque nucléaire se forme à l'intérieur de la membrane nucléolaire, avant par conséquent que celle-ci ne se soit résorbée, et que sa résorption n'ait rendu possible la réunion des prétendus éléments nucléiniens du caryoplasme à ceux du nucléole.

Le fait de la provenance exclusivement nucléolaire des éléments nucléiniens de la couronne équatoriale nous semble donc inattaquable, et il en est de même par conséquent de celui de la permanence constante du nucléole; ce dernier ne fait que subir les modifications que les circonstances de sa division nécessitent. A aucun moment il ne se fusionne, ni ne disparaît pour faire place à une formation nouvelle. Il évolue tout simplement, et c'est lui-même qui se retrouve, au moins quant à ses éléments essentiels, dans la plaque nucléaire et dans la couronne équatoriale, *cq*.

Les phénomènes ultérieurs de la division, fig. **50**, **51**, **52** et **53**, se rattachent principalement à la bipartition de la couronne et aux mouvements de ses deux moitiés, fig. **63**, **64**, **65**, **66**, **67** et **71**. Il nous semble inutile de

poursuivre l'identification des deux masses de nucléine, qui constituent ces moitiés cq_2, avec la substance chromatique du nucléole. Zacharias est du reste le seul qui ait révoqué en doute cette identité, en se basant sur des faits, dont nous avons déjà controuvé l'exactitude. Nous aurons plus loin l'occasion de rechercher la cause de ce que nous croyons être une erreur d'observation.

Strasburger et Flemming admettent, au moins partiellement, cette identité, et confirment dans une certaine mesure notre manière de voir.

Le désaccord partiel résulte uniquement de ce que ces savants, croyant trouver une certaine quantité de chromatine en dehors du nucléole au repos, veulent la réunir à celle de ce dernier, au moment de la formation de la plaque nucléaire.

Il a dû nous suffire de démontrer, dans la première partie de ce travail, que la nucléine constitue l'apanage exclusif du nucléole.

Enfin, notre manière de voir peut s'accommoder très bien des idées de Tangl, qui ne sont au fond que l'expression confuse de ce que nous avançons.

Quant à Macfarlane, l'abstention de toute recherche chimique sur le noyau des *Spirogyra* lui a fait envisager leur caryocinèse de telle façon, que toute tentative de conciliation nous semblerait oiseuse.

troisième proposition.

Les nucléoles-filles accaparent toute la nucléine des couronnes polaires à la fin de la cinèse.

La même question se présente sous une autre forme, lorsque, vers la fin des mouvements caryocinétiques, les noyaux se reconstituent et, avec eux, les nucléoles.

Il s'en faut de beaucoup que l'objet d'étude se prête mieux à la recherche de la solution de ce dernier problème.

L'abondance du protoplasme accumulé au-dessus des deux couronnes polaires est peu propre à en faciliter l'observation, et cette circonstance désavantageuse est encore aggravée par le rapprochement fréquent, à ce niveau, des bandes chlorophylliennes, à la suite des tractions énergiques qu'elles subissent de la part des puissants cordons protoplasmatiques auxquels elles servent de point d'attache.

Une chose d'abord qui nous a paru constante, c'est que, avant même que le fuseau ne commence à se disloquer dans sa partie centrale, les bâtonnets de la couronne polaire, *cp*, fig. **53**, **66** et **71**, d'abord à peu près

parallèles, manifestent des mouvements divers, qui ont pour but de rapprocher leurs extrémités et de reconstituer ainsi tout au moins des tronçons plus longs, sinon de les réunir tous immédiatement pour reformer un filament ou boyau continu, mais diversement contourné, FIG. **67** et **72**.

Peu de temps après, le fuseau subit un dérangement considérable qui le rend apte à concourir d'une manière tout à fait spéciale à la formation de la plaque cellulaire centripète, et lui fait jouer en quelque sorte le premier rôle dans la division cellulaire proprement dite. STRASBURGER a soigneusement décrit ce rôle; et, ne l'eut-il pas fait, nous devrions encore nous en désintéresser, parce que son étude ne peut nous apporter aucune lumière pour la question que nous traitons.

Nous voulons seulement dire que vers le début de ces phénomènes cytodiérétiques on voit apparaître, autour du boyau plus ou moins complétement reconstitué de la couronne polaire, une membrane particulièrement accusée et bien définie du côté qui regarde l'équateur du fuseau transformé.

Il en résulte une petite vésicule très claire, FIG. **54** et **68**, *vs*, appliquée d'un côté contre la masse cytoplasmatique polaire, et parfaitement libre ou tout au moins très nettement circonscrite du côté opposé, où elle tranche sur l'aspect fibrillaire parfois conservé dans ce qui reste du fuseau.

Nous ne sentons aucunement le besoin de modifier la description qu'en donne STRASBURGER; ce savant nous semble l'avoir bien observée et ses figures, pour avoir été puisées dans un cas particulier, nous paraissent cependant résumer assez fidèlement le fait général, c'est-à-dire, la présence, sous la masse protoplasmatique des pôles, *cyp*, d'une petite vésicule transparente, limitée par une membrane très nette et embrassant toute la chromatine des figures polaires. Cette chromatine y affecte manifestement la forme d'un filament dont les circonvolutions, assez peu nombreuses, sont toutes, ou presque toutes, appliquées contre la paroi interne de la vésicule et y accusent un certain parallélisme.

La forme générale de la vésicule, ses dimensions relatives, la quantité de chromatine qu'elle renferme, le nombre des circonvolutions du filament, tout cela est sujet à des variations notables, non seulement dans des espèces différentes, mais encore dans une même espèce. Ce qui est constant, c'est la membrane vésiculaire — nous lui donnons ce nom pour ne pas préjuger sa nature - - et, à l'intérieur de celle-ci, l'inclusion de la nucléine, de toute la nucléine du futur noyau-fille.

Nous disons la nucléine; car la reprise, dans ces nouvelles conditions,

des essais pratiqués antérieurement sur le nucléole au repos, conduit ici aussi à reconnaître cette nature à la substance chromatique réfringente qui constitue, ou, plus exactement, qui entre dans la constitution du filament plus ou moins complétement reformé de la vésicule.

Jusque là, rien que de très facile à constater par l'observation.

La difficulté survient avec les premières phases de l'évolution ultérieure du noyau-fille, et elle réside tout entière dans la détermination précise de la destinée réservée à la membrane vésiculaire déjà existante.

Elle ne se dissout pas, le fait n'est pas douteux; mais quelle est sa valeur?

Est-ce la membrane nucléaire? Est-ce la membrane nucléolaire?

Dans la première hypothèse, il ne lui resterait plus qu'à élargir ses contours, pendant que le caryoplasme se développerait à son intérieur. La formation ultérieure, de toutes pièces, d'une membrane nucléolaire serait alors nécessaire.

Dans la seconde hypothèse, la membrane vésiculaire devrait se contracter, se ramasser un peu sur elle-même, puisque le nucléole jeune paraît un peu plus petit que la vésicule primitive. C'est alors la membrane nucléaire qui serait l'objet d'une formation nouvelle.

Il est plus facile de poser la question que de la résoudre. Car, s'il est vrai que l'on constate très tôt l'apparition d'une seconde membrane concentrique à la première et très peu distante de celle-ci, FIG. **57**, **58** et **73**, il est extrêmement difficile, à raison même de ce grand rapprochement, de s'assurer si c'est l'intérieure ou l'extérieure qui est de formation plus récente. Les matériaux vivants se prêtent très peu non seulement à l'étude de la formation de la seconde membrane, mais même à l'observation des deux membranes déjà existantes. D'autre part, lorsqu'on use des procédés propres à les mettre en évidence, elles présentent sensiblement les mêmes caractères.

Une chose est toujours manifeste cependant, c'est que la plus interne embrasse tout l'élément nucléinien, et cette constatation pourrait nous dispenser de toute recherche au sujet de la priorité de l'une ou de l'autre membrane; car, quelle que soit la première formée, le résultat est identique au point de vue de la constitution du nucléole.

D'après STRASBURGER, si nous le comprenons bien, la membrane vésiculaire serait déjà la membrane nucléaire. Cet auteur ne semble pas, du reste, s'occuper de la membrane nucléolaire, qu'il ne paraît pas avoir observée lui-même, et dont il ne parle que sur la foi de MACFARLANE(1). Mais il

(1) *Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne*; Archiv f. mikrosk. Anat., 1882, p. 527.

établit tout au moins, d'après ses figures, la reconstitution du nucléole aux dépens de toute la substance chromatique réfringente, qui s'observait au début dans la vésicule et qui s'y est ramassée au centre, un peu plus tard, en une pelote plus dense.

De plus, il ne dit rien dans son texte qui détruise ce qui ressort manifestement de ses figures, et l'on pourrait se demander pourquoi, après avoir fait cette observation, il ne revient pas sur ses idées antérieures, relatives à la présence d'une certaine quantité de nucléine ou chromatine en dehors du nucléole.

Sans vouloir contester l'exactitude des observations de cet auteur, rapportées du reste au cas particulier d'une espèce à noyau plat, plus difficile conséquemment à observer; mais aussi sans renoncer à l'idée de la possibilité d'une autre interprétation, même pour ce cas particulier, nous croyons avoir remarqué que le processus général de la reconstitution est différent.

Nos observations plusieurs fois répétées sur des espèces variées, mais plus particulièrement sur celles à noyaux ronds, nous ont plutôt conduit à admettre que la membrane vésiculaire primitive représente la membrane nucléolaire, qui n'aurait ainsi qu'à se contracter quelque peu, en refoulant son contenu vers le centre, pour reconstituer immédiatement le nucléole dans son aspect normal.

Une seconde membrane, formée presque en même temps dans le cytoplasme externe, d'abord réduit d'un côté de la vésicule à une couche très mince et presque inperceptible, FIG. **55**, **56** et **69**, deviendrait la membrane nucléaire qui ne cesserait de distendre ses contours, pendant que le caryoplasme interne se nourrit et s'amplifie, jusqu'à ce que le noyau-fille ait reconquis les dimensions normales, FIG. **59**, **60** et **74**. La reconstitution du noyau des *Spirogyra* rappellerait donc celle du noyau des *Lithobius*(1).

Ce qui nous fait adopter cette manière de voir, c'est que, presque immédiatement après l'apparition de la membrane vésiculaire, on voit le protoplasme polaire descendre sur tout son pourtour et y former bientôt une auréole cytoplasmatique, encore dépourvue de membrane. Plus tard on observe deux membranes concentriques peu distinctes l'une de l'autre et, entre les deux, une zone naturellement étroite de protoplasme très analogue au caryoplasme externe du noyau adulte.

(1) J. B. CARNOY : *La Cytodiérèse chez les arthropodes*, p. 302.

Nous sommes par là amené à admettre que la seconde membrane se forme dans le cytoplasme, dont elle circonscrit une partie qui devient par le fait même caryoplasmatique, mais qui n'est pas au fond différente du cytoplasme extérieur.

Selon toute apparence, c'est à cette membrane externe et au développement du protoplasme qu'elle circonscrit, qu'il faudrait rapporter les figures de STRASBURGER, dont nous avons fait mention plus haut. La première, l'interne, l'aurait d'autant moins frappé qu'il ne la recherchait sans doute pas, et qu'elle devient bientôt plus insaisissable sur le frais à mesure que le nucléole, qu'elle étreint de plus en plus, reprend l'homogénéité qui le caractérise surtout lorsqu'il est entré en repos.

Nous pensons donc que ce qui se reconstitue en premier lieu dans sa forme définitive, c'est le nucléole, et qu'en outre celui-ci se reconstitue avec tous les éléments d'un véritable noyau : une membrane, un élément nucléinien et même une partie plasmatique. Celle-ci doit être fort réduite, puisqu'elle ne peut guère faire l'objet d'une constatation certaine dans le nucléole au repos ; néanmoins le mode de reconstitution de cet organe implique sa présence.

C'est donc en quelque sorte le nucléole qni est le vrai noyau des *Spirogyra*.

CONCLUSION.

Le nucléole des *Spirogyra* est un noyau en miniature.

A raison de sa situation particulière au sein d'une masse plasmatique circonscrite par une membrane particulière comme dans les noyaux ordinaires, on ne peut lui refuser le nom de *nucléole-noyau* qu'il légitime et nécessite.

C'est là la conclusion qui se dégage naturellement de cette seconde partie de notre étude. Bien que nous y soyons arrivé par un chemin absolument différent, elle est cependant identique à celle qui s'était imposée à l'issue de nos recherches sur cet organe à l'état quiescent.

ARTICLE III.

DISCUSSION ET CRITIQUE.

L'étude du nucléole des *Spirogyra*, au double point de vue quiescent et cinétique, nous a conduit deux fois à une conclusion identique.

Indépendantes l'une de l'autre, de par la nature des observations qui les ont amenées, mais comportant néanmoins l'une et l'autre la solution complète de la question, ces deux conclusions se servent mutuellement d'appui et de contrôle. Elles constituent une double garantie de la thèse que nous adoptons.

Il n'est pas permis de réunir, sous une même dénomination commune, les nucléoles des *Spirogyra* avec d'autres corps intra-nucléaires auxquels on donne également ce nom. C'est un véritable noyau, ou *nucléole-noyau*, et il faut lui accorder ce nom que légitime complétement sa structure analogue à celle des organes de cette nature du type le plus parfait.

En effet, il a une membrane propre; il possède un élément nucléinien récepteur exclusif de toute la nucléine figurée de la cellule; il renferme en outre une certaine quantité de caryoplasme.

1° La membrane, invisible comme telle sur le frais, difficilement reconnaissable après l'action des fixateurs, se manifeste clairement à la suite de certaines lésions mécaniques qui l'isolent, dans une foule de traitements par des réactifs propres à enlever une partie plus ou moins considérable de son contenu, comme aussi sous l'influence de l'emploi successif d'un alcali qui la distend, et d'un fixateur qui contracte tout ce qui lui est inclu. Enfin on peut assister à sa formation, lors de la reconstitution du corps dont elle fait partie intégrante, à l'issue des phénomènes caryocinétiques.

2° L'élément nucléinien, invisible aussi comme tel sur le frais, difficile à analyser d'une manière précise à la suite des lésions mécaniques ou de l'action des seuls agents fixateurs, se révèle cependant toujours au moins confusément dans ces circonstances, et se traduit d'une manière palpable, avec son organisation propre, après l'action successive d'une solution alcaline de carmin et d'un réactif contracteur.

Dans ces conditions il se montre sous la forme d'un filament pelotonné, constitué lui-même de deux parties essentielles.

a. Un étui de plastine non chromatique, indigestible, inattaquable par les bases et les acides, dans les conditions ordinaires de l'expérience.

b. Une substance amorphe, visqueuse, très réfringente, éminemment chromatique, soluble dans les acides minéraux forts et les alcalis, insoluble dans les acides faibles, indigestible. Cette substance entièrement réléguée dans le boyau de plastine, l'emplit plus ou moins complétement.

Pendant la caryocynèse, c'est lui qui joue le rôle principal; tout ce qui gravite autour de lui n'a qu'un rôle subordonné à sa bipartition. Il se segmente, évolue diversement sans jamais se dissoudre, fournit l'élément essentiel des figures caryocinétiques équatoriale et polaire, et se reconstitue enfin de sa propre substance, au moins pour la plus grande part.

3° La partie plasmatique, certainement très réduite, se soustrait par cela même presque nécessairement à l'observation directe; mais le mode de reconstitution du nucléole semble impliquer sa présence, en quantité si minime qu'on le veuille bien.

Tous ces éléments, à part peut-être le dernier, tombent directement sous l'observation. Le fait de leur existence ne résulte pas simplement de déductions basées sur des observations plus ou moins étrangères; il s'impose de lui-même à la suite de la constatation visuelle de ces mêmes éléments.

Qu'ils ne se manifestent pas sur des matériaux vivants, cela tient tout simplement à un phénomène optique qui n'est pas plus particulier au cas présent qu'à une infinité d'autres.

Après la mort, les lésions organiques, ou l'action des réactifs, l'équilibre de réfringence si souvent réalisé entre les substances organiques les plus diverses fait généralement place à des différences d'aspect très considérables, qui permettent l'observation de détails insaisissables sur le vivant.

Mis à même, par nos observations, de prendre part au débat que des appréciations diverses ont fait surgir entre les auteurs qui se sont occupés du nucléole des *Spirogyra*, nous ne pouvons que nous rallier entièrement aux idées exprimées par J. B. Carnoy, qui voit dans le nucléole des *Spirogyra* un nucléole-noyau, et dans le noyau lui-même un noyau en tout semblable à celui du *Lithobius forficatus*.

Tangl ne nous paraît pas s'être occupé de rechercher la nature chimique du nucléole. Il est très sobre de détails à ce sujet. Tout au plus fait-il remarquer sa coloration facile. Il n'est guère plus explicite vis-à-vis de la structure du même organe. Ce dernier n'est pas réellement homogène, affirme-t-il, et il ajoute qu'une préparation lui a fourni les indices d'une trame réticulée dans le nucléole, au début des phénomènes caryocinétiques.

De plus, dit-il, la plaque nucléaire dérive de la substance nucléolaire, par un processus de différentiation.

Ne pouvons-nous pas voir dans tout cela l'expression générale de ce que nous avançons nous-même? Sans doute, ces données sont insuffisantes, et ce serait outrepasser les droits de la critique que de donner à ces expressions générales une portée que l'auteur n'a pas précisée lui-même. Mais il faut convenir que notre manière de voir s'accommoderait fort bien de cette formule générale, si dans l'idée de l'auteur, elle ne se refusait elle-même à certaine détermination qui, selon nous, devrait en fixer le sens précis.

Ainsi, nous ne pouvons admettre que l'aspect réticulé du nucléole soit l'impression optique d'un véritable réticulum; nous y voyons, au contraire, la projection des anses multiples d'un boyau continu.

Il faudrait faire également des réserves au sujet de la différentiation dont le nucléole serait l'objet au moment de la division. Il ne peut être question d'un changement substantiel de l'élément nucléinien, mais seulement de modifications, toutes accessoires, subordonnées à la dissolution de la membrane et aux mouvements du boyau, qui se déroule et se fragmente sans perdre aucunement sa nature.

Macfarlane reconnaît, comme Tangl aussi du reste, une membrane au nucléole. Ce fait est exact, et seul il suffirait à différencier ce nucléole de beaucoup d'autres.

D'autre part, son prétendu nucléolule (1) *(Nucleolo-nucleus)* ne s'est jamais révélé à nous. Nous avons maintes fois constaté dans le nucléole une ou plusieurs vacuoles, même sur le frais, un nucléolule solide jamais; et nous sommes obligé par le fait même de contester tout ce que cet auteur dit au sujet du rôle de ce petit corps dans la division nucléaire.

» Der Nucleolonucleus soll sich theilen und hierauf erst auch der Kern » sichtbare Veränderungen erfahren. Ein theil dieser Substanz soll durch » die Membran hindurch an den Polen heraustreten und sich dort anhäufen; » dann wird die Membran unter den polaren Anhäufungen aufgelöst. Der » Nucleolus bleibt an seiner Stelle und ist durch zarte Fasern mit den » polaren Substanzansammlungen verbunden. Der Nucleolus soll sich » hierauf theilen und seine Hälften auseinanderrücken, die polaren Ansamm- » lungen vor sich schiebend; dann in sie eindringen und mit ihnen zusammen

(1) C'est à dessein que nous traduisons par *nucléolule* le terme *nucleolo-nucleus* de l'auteur. Le contexte nous y oblige. Nous croyons utile de faire cette remarque, pour éviter toute équivoque avec l'expression *nucléole-noyau* de J. B. Carnoy, qui désigne tout autre chose.

» von einer Membran umgeben werden. So sollen die Kerne der Tochter-» zellen entstehen. (1)»

Sans vouloir nous imposer la tâche d'en rechercher une explication plausible, nous croyons qu'il n'est pas improbable que Macfarlane fasse ici tout simplement allusion aux manières de pseudopodes visibles à la périphérie du nucléole, au début de la caryocinèse. Flemming les a signalés et nous-même nous les avons rappelés en leur donnant l'interprétation dont nous les avons crus susceptibles.

Nous remarquerons par contre qu'il n'admet pas plus que nous la disparition, la dissolution du nucléole dans le caryoplasme, au moment de la caryocinèse. C'est lui-même, qui en se divisant, fournit les masses chromatiques des figures.

Nous pourrions nous désintéresser entièrement, comme d'une chose assez accessoire, de ce qu'il dit de la pénétration des cordons suspenseurs du noyau à l'intérieur de celui ci, et des filaments qui fixeraient le nucléole au sein du caryoplasme, sans être cependant d'une autre nature que les filaments du réseau nucléaire.

Cette idée n'aurait un semblant de fondement que dans les noyaux étirés par les cordons cytoplasmatiques suspenseurs, ce qui du reste est le cas le plus fréquemment réalisé pendant la vie de la plante. Mais ce n'est là, pensons-nous, qu'une apparence produite par l'étirement du réticulum plastinien à l'intérieur même des doigts de gant de la membrane nucléaire, qui se forment sous l'influence de la traction des cordons cytoplasmatiques suspenseurs. Sous cette influence il est tout naturel que le réseau plastinien se déforme, aligne ses trabécules dans le sens de la traction en allongeant ses mailles dans ce même sens, au détriment des autres, et fasse naître ainsi l'illusion de filaments distincts tendus depuis le nucléole jusqu'au sommet des doigts de gant de la membrane et, même au delà de celle-ci, jusque dans les cordons cytoplasmatiques. Mais cet aspect disparaît avec la cause qui le produit; lorsque le noyau, soustrait par un moyen quelconque à ces déformations, reprend sa forme arrondie idéale, le réseau de plastine reprend alors aussi sa régularité et présente dans toute son étendue des mailles sensiblement égales.

Lorsque sous l'influence des réactifs hydratants qui poussent de l'eau sous la membrane nucléaire, celle-ci se détache partiellement de son contenu,

(1) D'après Strasburger, Archiv f. mikr. Anat., 1882, p. 527. — Ces quelques lignes nous paraissent exposer exactement les idées de Macfarlane; c'est pourquoi nous avons jugé inutile de les résumer nous-même à nouveau.

et forme autour du caryoplasme des poches vésiculeuses plus ou moins distendues, ces poches, il est vrai, ne se produisent d'abord qu'entre les cordons suspenseurs et non pas sous leur point d'insertion. Ce fait serait de nature à faire admettre en ces endroits une soudure plus intime et plus résistante entre la membrane et son contenu, rien de plus; mais cette circonstance s'explique suffisamment par les conditions spéciales qui s'y trouvent réalisées.

Les idées de Strasburger et de Flemming sont trop semblables, au dire même de ce dernier, pour que nous songions à en faire l'examen séparément.

Dans le nucléole au repos, tous deux admettent la présence de beaucoup de chromatine; ce point nous est acquis.

Mais ils prétendent aussi qu'il s'en trouve dans le caryoplasme externe, partant sans doute de l'idée qu'ils avaient affaire à un noyau ordinaire et que, par conséquent, l'élément nucléinien devait se rencontrer dans le noyau tout entier. Cette assertion est inexacte.

Sans compter, en effet, qu'elle repose uniquement sur l'action de la safranine, réactif certainement peu propre à éclaircir les cas obscurs, leurs figures semblent souvent la démentir et témoigner d'un certain embarras. Les figures qu'ils donnent du noyau n'en reproduisent généralement que le réticulum plasmatique, ou, moins encore, le seul aspect homogène qu'il présente pendant la vie, ce qui est conforme aux données de l'observation. Mais parfois aussi ils y représentent des granulations indiquant l'élément chromatique, dont les idées théoriques semblent exiger la présence. Ceci est très discutable et Flemming paraît même en convenir implicitement, car il trouve opportun de faire remarquer que les quelques granulations colorées, qui se rencontrent dans le caryoplasme après le traitement de la safranine, ne se montrent cependant pas en cela différentes d'autres granulations analogues disséminées dans le cytoplasme lui-même. De plus ces deux savants saisissent toutes les occasions pour appuyer sur la pauvreté en nucléine du noyau.

Tout cela nous paraît significatif. Si l'idée leur était venue que le noyau des *Spirogyra* pouvait n'être pas un noyau ordinaire, et le nucléole encore moins un nucléole ordinaire, ils n'auraient attaché aucune valeur à des indices si fugaces de coloration. Peut-être aussi se sont-ils trop fiés à un réactif infidèle entre tous. En se livrant à des expériences de contrôle, par l'emploi des véritables réactifs de la nucléine, ils eussent constaté, comme nous, l'absence dans le caryoplasme de toute substance chromatique présentant les multiples caractères de la nucléine.

La manière dont parle Flemming de la formation de la plaque nucléaire est plus frappante encore. Conduit par l'évidence des faits, il fait dériver cette plaque du nucléole exclusivement, et ne dit mot de la prétendue nucléine du noyau; si celle-ci existait, elle devrait cependant contribuer à la formation de la couronne équatoriale.

Quoi qu'il en soit, il est certain que ces éminents observateurs ont reconnu que le nucléole renferme beaucoup de chromatine, qu'il ne se dissout pas au moment de la division nucléaire, qu'il concourt dans une très large mesure, à la formation de la plaque initiale et enfin que la substance chromatique des deux couronnes polaires rentre intégralement dans les nucléoles-filles. En cela leurs observations confirment les résultats que nous avons obtenus nous même et nous pouvons nous prévaloir de leur autorité.

Il n'est pas moins certain, d'autre part, que le fait sur lequel ils s'appuient, pour affirmer la présence d'une certaine quantité de chromatine dans le caryoplasme, n'a aucune valeur probante, si, comme il nous paraît certain, leur chromatine doit être identifiée avec la nucléine. Par là, ils n'infirment aucunement nos conclusions contraires. Nous ajouterons enfin que la structure réelle du nucléole, son organisation complexe, leur est restée inconnue.

Cette organisation véritablement nucléaire du nucléole des *Spirogyra* n'a pas moins complétement échappé aux recherches de E. Zacharias.

Il y a plus, le professeur de Strasbourg formule à ce sujet des conclusions qui, non seulement diffèrent partiellement des nôtres, comme les précédentes, mais en sont littéralement le contre-pied.

Nous pourrions d'autant moins nous dispenser d'en faire la critique que ce savant a plus spécialement visé la thèse que nous avons adoptée, et pourrait ainsi plus facilement paraître l'avoir jugée en pleine connaissance de cause et condamnée en dernier ressort.

Notre démonstration serait donc incomplète, ou risquerait tout au moins de n'être acceptée qu'avec réserve, si nous laissions subsister cette opinion contradictoire, incompatible avec notre manière de voir.

Sans vouloir amoindrir aucunement le mérite de notre savant collègue auquel nous nous plaisons au contraire à rendre hommage, nous devons à la vérité de maintenir intactes nos conclusions malgré l'opposition des siennes, et la nécessité s'impose de scruter les causes de ce conflit d'opinions. La tâche nous est d'ailleurs rendue facile par la manière dont il précise les raisons sur lesquelles il fonde sa conviction.

Nous croyons pouvoir ramener son erreur à deux causes :

1° La première, c'est qu'il n'a pas connu le boyau chromatique renfermé dans le nucléole des *Spirogyra*; c'est pourquoi il a manqué de guide dans ses essais chimiques.

2° La seconde, c'est qu'il a appliqué à deux objets profondément différents une seule et même méthode d'analyse, qui pouvait en révéler certaines propriétés communes, mais était tout à fait impropre à en traduire les caractères différentiels les plus évidents.

Que Zacharias n'ait pas découvert l'élément nucléinien des *Spirogyra* cela n'est guère étonnant, puisqu'il ne dit pas avoir fait, ne fût-ce qu'un essai propre à le mettre sûrement en lumière.

Les détails de structure de ce petit organe sont loin de se présenter clairement d'eux-mêmes à l'observation, dans les conditions ordinaires. Leur manifestation nécessite des manipulations spéciales, dont on ne peut se dispenser, sans renoncer, par le fait même, à y découvrir autre chose que des indications énigmatiques.

Ce qui est plus étonnant, c'est qu'ayant eu sous la main la *Biologie cellulaire* de J. B. Carnoy, qui en renfermait les indications précises, il ne se soit pas livré à des recherches spécialement propres à en contrôler l'exactitude, ou à en démontrer directement l'erreur; cela surprend d'autant plus qu'il a été le premier à suivre le professeur de Louvain, dans l'application des dissolvants propres de la nucléine à l'étude du noyau.

Mais nous pouvons aller plus loin, car en se désintéressant de ces observations, Zacharias s'est privé d'une connaissance qui lui aurait démontré l'insuffisance de sa méthode générale d'analyse microchimique des nucléoles et des corps similaires. Il aurait constaté en particulier combien le carmin est peu propre à débrouiller les mystères du noyau, et aurait tout au moins cherché dans d'autres matières colorantes un contrôle efficace.

Pour en venir plus spécialement à la question qui nous occupe, voici le fond de l'argumentation sur laquelle se base son opinion.

Le nucléole des *Spirogyra* ne se comporte pas autrement que celui du *Galanthus nivalis*, sous l'action de l'acide chlorhydrique à 2 o/oo, du suc gastrique et des solutions de carmin.

Or, le nucléole du *Galanthus nivalis* est exclusivement plasmatique, c'est-à-dire formé de substances albuminoïdes solubles et de plastine, à l'exclusion de toute trace de nucléine.

Donc le nucléole des *Spirogyra* a une composition identique à celui du *Galanthus nivalis;* il est, comme celui-ci, exclusivement plasmatique.

C'est aller vite en besogne. En supposant que la majeure de ce syllogisme soit légitime, il serait toujours vrai de dire que la conclusion dépasse les prémisses. On pourrait en effet toujours supposer a priori que, alors même que le nucléole des *Spirogyra* présenterait réellement des propriétés communes avec celui du *Galanthus nivalis* et semblerait par là devoir lui être assimilé, il pourrait en présenter d'autres tout à fait différentes qui devraient l'en faire distinguer soigneusement. Ce n'est pas là, du reste, une vaine supposition; elle trouve son application dans le cas présent, et nous n'aurons pas de peine à rappeler plus loin, s'il est encore nécessaire, bon nombre de propriétés du nucléole des *Spirogyra* qui ne sont nullement partagées par celui du *Galanthus nivalis*, *n'*, FIG. **75** et **76**, et qui nécessitent la distinction radicale de ces deux corps.

Mais il y a plus. Les faits eux-mêmes, qui sont allégués dans la majeure, sont inexacts; celle-ci doit donc être contestée et, avec elle, la conclusion qui doit nécessairement suivre sa destinée.

Il sera même intéressant, après avoir rétabli l'exactitude des faits, de nous servir des principes généraux de ZACHARIAS (1), pour établir notre thèse en ruinant la sienne.

Après avoir exposé ses observations sur le noyau du *Galanthus nivalis*, ce savant affirme, un peu plus loin, que celui des *Spirogyra* ne se comporte pas autrement dans plusieurs réactions, et conclut à leur similitude en général et à l'identité de nature de leur nucléole en particulier. Pour mieux faire saisir le peu de fondement de cette identification, nous mettrons en regard de ses observations sur le *Galanthus nivalis*, nos propres observations sur les *Spirogyra*, en nous servant autant que possible, dans ce parallèle, des mêmes termes que lui, pour en faciliter le rapprochement.

ESSAI PAR LES CARMINS DIVERS.

Galanthus nivalis.

Une solution alcaline de carmin agit sur des matériaux conservés dans l'alcool de telle façon que les nucléoles se colorent très rapidement et très intensément.

Spirogyra.

Une solution alcaline de carmin agit sur des matériaux conservés dans l'alcool de telle façon que les nucléoles se colorent assez rapidement, maîs peu intensément, c'est-à-dire en rose et non en rouge vif.

(1) E. ZACHARIAS, loc. cit., p. 4.

La coloration des autres parties du noyau ne survient que plus tard et n'est de loin pas si intense.

Le nucléole est en même temps nettement limité, tandis que les corps nucléiniens n'apparaissent que vaguement.

Si, au contraire, on emploie une solution de carmin fortement acidulée par l'acide acétique, alors les corps nucléiniens sont colorés intensément et apparaissent avec netteté;

tandis que le nucléole ne se colore presque pas et présente un aspect pâle et un peu gonflé. Plus tard il prend un peu de matière colorante mais reste toujours plus clair que les autres parties du noyau.

La coloration des autres parties du noyau ou bien ne se manifeste jamais, dans les conditions normales de l'expérience, ou bien se réduit à une teinte rosée extrêmement faible, qui nous semble n'être que le résultat accessoire d'un lavage insuffisant.

Dans les matériaux non préalablement fixés par l'alcool, le contenu des mailles du réticulum plastinien, resté incolore, accuse réellement une faible teinte rosée.

Le nucléole se gonfle un peu en même temps. Il se gonfle surtout dans ses parties réfringentes, et paraît par là beaucoup plus homogène.

On ne découvre du reste en dehors de lui aucun corps figuré, qui puisse suggérer, même vaguement, l'idée d'un élément nucléinien.

Si, au contraire, on emploie une solution de carmin fortement acidulée par l'acide acétique, il n'apparaît encore dans le caryoplasme qu'une faible coloration, qui est du reste partagée par tout le cytoplasma circonvoisin, au moins momentanément, et on n'y découvre pas plus d'élément nucléinien qu'auparavant; tandis que le nucléole se colore beaucoup plus intensément, en rouge vif, cette fois, se contracte légèrement et conserve toujours une coloration très vive qui contraste singulièrement avec la teinte rosée de tout le reste du contenu cellulaire.

Si l'on introduit des matériaux digérés et soigneusement lavés dans une solution neutre de carmin, il ne survient aucune coloration après quelques instants, les corps nucléiniens se gonflent au point de devenir complétement méconnaissables; tandis que le petit reste du nucléole devient très distinct pour gonfler ensuite.

Ajoute-t-on de l'acide acétique, le gonflement diminue et disparaît, la partie granuleuse du noyau se colore intensément, le reste du nucléole moins.

Par conséquent, la propriété de se colorer rapidement et intensément sous l'action d'une solution neutre de carmin revient à ces parties du nucléole (digestibles et solubles dans le chlorure de sodium à 10 %) qui présentent la manière d'être des corps albuminoïdes.

Au contraire les solutions acides de carmin colorent principalement les parties du noyau qui renferment de la nucléine.

De l'ensemble de ces réactions il résulte : que les nucléoles du *Galanthus* sont composés en grande partie de substances albuminoïdes, qu'ils renferment de la plastine, mais pas de nucléine.

Si l'on introduit des matériaux digérés et soigneusement lavés dans une solution neutre de carmin, il ne survient d'abord aucune coloration sensible, mais les parties conservées du nucléole se gonflent beaucoup; tandis que le réticulum plastinien du caryoplasme dégagé de son enchylème ne manifeste aucune modification sensible.

Ajoute-t-on de l'acide acétique, le nucléole se contracte un peu et se colore plus intensément, tandis que le reste du noyau demeure incolore et toujours sensiblement le même.

Par conséquent il n'est rien ou presque rien dans le nucléole des *Spirogyra* qui accuse la propriété propre aux substances albuminoïdes, de se colorer rapidement et intensément sous l'action d'une solution neutre ou alcaline de carmin.

Par contre, ce nucléole se colore très intensément en rouge vif dans les solutions acides de carmin, après comme avant la digestion, et se montre ainsi principalement formé de nucléine.

De l'ensemble de ces réactions il résulte : que les nucléoles des *Spirogyra* sont composés en très grande partie de nucléine, qu'ils renferment de la plastine, puisque les dissolvants de la nucléine laissent sur les matériaux conservés un étui ou boyau indigestible; qu'enfin ils ne présentent pas de traces appréciables d'albuminoïdes digestibles.

Malgré l'intérêt qu'il y aurait à continuer ce parallèle, et à l'étendre à toute l'étude de Zacharias sur les réactions chimiques du nucléole du *Galanthus*, nous croyons devoir nous borner à ce que nous venons de rappeler, concernant l'usage particulier des diverses solutions de carmin.

Nous avons choisi ce point de préférence à tout autre, non parce qu'il est plus favorable à notre thèse, mais au contraire parce que c'est lui précisément qui s'en accommode le moins, vu que le réactif employé est de sa nature incontestablement peu propre à différencier les diverses substances cellulaires. Cependant nous croyons avoir suffisamment démontré que, même dans ces conditions désavantageuses, les deux sortes de nucléoles mises en présence traduisent des propriétés tout à fait inconciliables, et accusent par conséquent une nature radicalement différente.

Ceci résulte du reste infiniment mieux de la comparaison des résultats obtenus par l'usage des acides minéraux forts, de l'acide chlorhydrique dilué à 2-4 o/oo, du suc gastrique, du chlorure de sodium à 10 o/o, des matières colorantes en général, etc.; mais nous ne devrions répéter rien moins que toute la première partie de notre travail, si nous voulions renouveler ici toute la démonstration.

Nous contentant donc de renvoyer pour les détails aux pages qui précèdent, nous formulerons brièvement les principaux traits différentiels, que notre honorable contradicteur a positivement niés.

Le suc gastrique, avons-nous vu, conserve du nucléole des *Spirogyra* un stroma très considérable, très réfringent, très chromatique, particulièrement sensible aux solutions acides des matières colorantes et susceptible de se dédoubler par l'analyse en deux substances. L'une, soluble dans les dissolvants de la nucléine et douée de toutes ses propriétés : donc de la nucléine; l'autre réfractaire à ces dissolvants, non chromatique : donc de la plastine.

L'action suffisamment prolongée de l'acide chlorhydrique très dilué conduit aux mêmes résultats; il respecte seulement la partie réfringente et chromatique du nucléole, pourvu que l'on ait soin d'opérer sur des matériaux frais; car, s'il y avait fixation préalable par l'alcool, la membrane nucléolaire des *Spirogyra* ne semble plus pouvoir se dissoudre dans ce réactif, et les renseignements acquis sont, par le fait même, beaucoup moins significatifs. On peut remarquer à ce propos que Zacharias, en ne tentant l'expérience que sur des matériaux conservés dans l'alcool, s'est mis dans l'impossibilité de recueillir des données précises, et d'en tirer des conclusions légitimes.

Enfin, d'après ce savant, il ne reste plus du nucléole du *Galanthus*, après un séjour très long dans le chlorure de sodium dilué à 10 o/o, qu'un léger stroma spongieux de plastine, non chromatique conséquemment. Nous avons dit au contraire antérieurement, que le nucléole des *Spirogyra* soumis au même traitement ne fait que se gonfler et devenir homogène, sans perdre ni de sa substance, ni de son aptitude à la coloration par les réactifs appropriés.

Est-ce tout? Non, car il suffit de sortir du terrain restreint sur lequel Zacharias s'est placé, pour voir surgir de tous côtés entre les deux sortes de nucléoles des différences dont beaucoup suffiraient, à elles seules, pour accuser la diversité de leur nature, et dont l'ensemble constitue une surabondance de preuves en faveur de notre thèse.

Faut-il rappeler, par exemple, l'action particulièrement caractéristique du vert de méthyle qui colore si fidèlement l'élément nucléinien, là où il le trouve, sans en altérer ni la forme, ni l'aspect?

Dans le noyau du *Galanthus*, ce réactif signale l'élément nucléinien, fig. **75** et **76**, *bn*, en dehors du nucléole, *n'*, qui n'a rien de commun avec lui, puisqu'il reste incolore et est purement plasmatique.

Dans le noyau des *Spirogyra*, il en manifeste la présence au sein du nucléole seulement, en lui communiquant une riche coloration; parce que c'est cet organe qui en a le privilège exclusif.

Le moindre essai, si facile à réaliser avec ce précieux réactif aurait jeté plus de lumière sur la question que la pratique d'une foule d'autres manipulations considérablement plus laborieuses, réalisées en dehors de toute connaissance préalable des indications précises qu'il fournit.

Enfin, abstraction faite même de tout caractère chimique, la structure tout à fait nucléaire du nucléole des *Spirogyra* établit une barrière infranchissable entre cet organe et les nucléoles plasmatiques du genre de celui du *Galanthus nivalis*.

Ceux-ci ont-ils généralement une membrane propre? Renferment-ils surtout *un boyau nucléinien* comparable aux éléments du même genre les mieux définis?

Poser la question, c'est lui donner une solution négative.

De tout cela il nous semble résulter manifestement que Zacharias n'a pas jugé en connaissance de cause la nature du nucléole de *Spirogyra*, mais qu'il l'a préjugée à la suite de quelques observations superficielles.

Dominé plus tard par cette erreur que le nucléole des *Spirogyra* est exclusivement plasmatique, il n'hésite pas, lorsqu'il envisage le rôle du

nucléole pendant la cinèse, à trouver vraisemblable sa dissolution dans le caryoplasme ambiant; non pour l'avoir observée, mais en se basant sur la prétendue nécessité d'une semblable dissolution.

Les observations précédentes nous dispensent de toute nouvelle discussion à cet égard. Jamais, nous le savons, le nucléole ne se dissout ni ne disparaît (1), loin de là; c'est lui d'ailleurs qui fournit tous les éléments nucléiniens de la figure cinétique. Nous nous croyons donc autorisé à maintenir entièrement nos conclusions relatives à l'organisation nucléaire du nucléole des *Spirogyra*.

Ces petites algues ne sont du reste pas seules à présenter l'exemple de nucléoles-noyaux. Bien loin de devoir réduire la liste, d'ailleurs incomplète déjà, que donne J. B. Carnoy des organismes ou des cellules qui présentent cette particularité, nous sommes convaincu que les recherches ultérieures ne feront que l'enrichir.

(1) Voir plus haut, p. 383 à 385.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Grossissements : FIG. **1** à **8** : obj. D de Zeiss, oc. 2.
FIG. **9** à **76** : obj. 1/12 de Leitz, oc. 2.

PLANCHE I.

FIG. **1** à **8**. Aspect normal des quelques espèces de *Spirogyra*, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, les plus spécialement soumises à l'étude. FIG. **1** à **5** : espèces à noyaux ronds. FIG. **6** à **8** : espèces à noyaux plats.

FIG. **9**. Noyau rond plus grossi de l'espèce I, à l'état frais : *mn*, membrane nucléaire; *n'*, nucléole; *cy*, cytoplasme en cordons.

FIG. **10**. Noyau plat plus grossi de l'espèce VIII, à l'état frais : *mn*, membrane nucléaire; *n'*, nucléole; *cy*, cytoplasme.

FIG. **11**. Noyau plat plus grossi de l'espèce VI, à l'état frais : *n*, noyau lenticulaire vu de champ; *mn*, membrane nucléaire; *n'*, nucléole; *cy*, couche cytoplasmatique très développée autour du noyau.

FIG. **12**. Modification pathologique légère d'un noyau de l'espèce II : *n'*, le nucléole dans lequel se sont développées des vacuoles; *ca*, caryoplasme encore apparemment homogène; *mn*, membrane nucléaire rendue plus régulière et en même temps plus facilement saisissable.

FIG. **13**. Altération plus profonde dans un noyau de la même espèce : *n'*, nucléole; *v*, vacuoles; *nr*, réticulum nucléaire qui commence à s'accuser dans le caryoplasme.

FIG, **14**. Fragment d'une cellule vivante de l'espèce VIII, montrant la disposition normale du noyau plat.

FIG **15**. Fragment d'une cellule semblable à la précédente à la suite d'une lésion mécanique qui a brisé les cordons protoplasmatiques suspenseurs et a fait subir au noyau une révolution de 90°, de manière à le présenter de face. L'altération consécutive du caryoplasme y a fait apparaître le réticulum plastinien.

FIG. **16**. Résultat d'une déshydratation lente d'un noyau de l'espèce II : *ca*, caryoplasme avec réticulum plastinien rendu très évident; *n'*, nucléole visiblement structuré.

FIG. **17***a*. Nucléole, *n'*, expulsé du noyau par pression; *mn*, membrane nucléaire brisée.

FIG. **17***b*. Autres aspects du nucléole, *n'*, expulsé dans les mêmes circonstances; *v*, vacuoles.

FIG. **18**. Résultat d'une pression plus énergique sur le noyau : *mn*, membrane nucléaire déchirée; *mn'*, membrane nucléolaire également déchirée : *x*, son contenu projeté au dehors.

FIG. **19**. Action de l'alcool dilué sur un noyau de l'espèce II : *mn*, membrane nucléaire distendue et incomplétement détachée du caryoplasme, *ca*; *n'*, nucléole.

FIG. **20**. Item. La membrane nucléaire, *mn*, est entièrement détachée de son contenu, *ca*; *n'*, nucléole; *cy*, cytoplasme.

FIG. **21**. Aspect d'un noyau semblable au précédent après que la membrane nucléaire, *mn*, brisée par excès de distention, s'est affaissée sur son contenu, en se plissant irrégulièrement; *cy*, cytoplasme; *n'*, nucléole visiblement structuré.

FIG. **22***a*. Action de l'alcool concentré sur un noyau de l'espèce III. Tous les éléments ont été fixés sur place.

FIG. **22***b*. Noyau semblable au précédent, dont les cordons suspenseurs se sont brisés pendant le même traitement.

FIG. **23**. Coupe optique de deux nucléoles de l'espèce I montrant l'aspect du corps chromatique figuré qui leur est inclus, après l'action d'une solution acidulée de vert de méthyle.

FIG. **24**. Noyau de l'espèce I traité par l'acide nitrique dilué à 2 – 4 o/o. *cy*, cytoplasme; *ca*, caryoplasme réticulé; *n'*, nucléole avec le corps réfringent et chromatique qu'il renferme.

FIG. **25***a*. Noyau de l'espèce I traité par l'acide nitrique fort; *x*, stroma d'apparence réticulée persistant après l'enlèvement total de la substance chromatique.

FIG. **25***b*. Item, dans un noyau de l'espèce IV.

FIG. **26**. Noyau de l'espèce I, après l'action de l'acide chlorhydrique fort; *x*, stroma non chromatique qui persiste dans le nucléole.

FIG. **27**. Fragment de cellule de l'espèce I après un long séjour dans l'acide chlorhydrique dilué à 2—4 o/oo. *rp*, réticulum plastinien; *bn*, anses visibles en coupe optique du boyau pelotonné propre au nucléole.

FIG. **28**. Item, espèce II.

FIG. **29**. Item, espèce III.

FIG. **30**. Action du suc gastrique sur une cellule de l'espèce III : *bn*, filament chromatique et réfringent conservé sur l'emplacement du nucléole, après la digestion.

FIG. **31**. Action incomplète de la potasse très diluée sur un noyau de l'espèce II. Il reste dans le nucléole des traces de la substance chromatique.

FIG. **32**. Dissolution totale de la substance réfringente du nucléole; *x*, léger stroma non réfringent qui persiste après cette dissolution.

FIG. **33**, **34**, **35** et **36**. Différents aspects du boyau nucléinien, *bn*, mis en évidence par l'action successive d'une solution très légèrement alcaline de carmin et d'un réactif contracteur; *mn'*, membrane nucléolaire.

FIG. **37**. Aspect présenté fréquemment par la nucléine à l'intérieur de l'étui plastinien, quelque temps après ce traitement.

FIG. **38**, **39** et **40**. Concentration progressive de la nucléine en certains endroits de l'étui plastinien; *bp*, nucléoles nucléiniens secondaires qui en résultent.

PLANCHE II.

FIG. **41** à **60**. Étapes successives de la division nucléaire dans l'espèce II.

FIG. **61** à **69**. Étapes successives de la division nucléaire dans l'espèce III.

FIG. **70** à **74**. Quelques étapes de la cinèse dans l'espèce I : *cy*, cytoplasme; *cyp*, masses cytoplasmatiques polaires; *f*, fuseau; *mn*, membrane nucléaire; *ca* caryoplasme; *n'*, nucléole; *ps*, protubérances pseudopodiformes présentées souvent par le nucléole, avant la formation de la plaque nucléaire; *pn*, plaque nucléaire; *cq*, couronne équatoriale; $cq/^2$, moitiés de la couronne équatoriale; *cp*, couronne polaire; *vs*, vésicule formée au début de la reconstitution du nucléole-fille; *mv*, membrane vésiculaire.

FIG. **75** Cellule épidermique des écailles du bulbe de *Galanthus nivalis* : *n*, noyau; *bn*, éléments nucléiniens; *n'*, nucléole plasmatique.

FIG. **76**. Cellule parenchymateuse des mêmes écailles : mêmes lettres.

TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION

PAGES

État actuel de la question 334
Division adoptée dans le travail 337

ARTICLE I.

Le nucléole des Spirogyra à l'état quiescent.

Préliminaires. 339

I. EXAMEN SUR LE FRAIS.

A. État normal 339
B. État pathologique 344

II. TRAITEMENTS SPÉCIAUX.

A. L'alcool 348
B. Les matières colorantes 351
1° Le vert de méthyle 352
2° Les carmins 353
a) Carmin neutre et acide 354
b) Carmin alcalin 355
3° L'hématoxyline et les anilines diverses 356
C. Les acides. 357
1° Acide nitrique 357
a) Acide nitrique dilué à 2—4 % 357
b) Acide nitrique fort 358
2° Acide chlorhydrique 360
a) Acide chlorhydrique fort 360
b) » » dilué à 2—4 ‰. 361
D. Le suc gastrique 364

E. Les alcalis et les sels alcalins 366
a) Matériaux durcis par l'alcool 366
1° L'ammoniaque 366
2° La potasse. 367
3° Les sels alcalins 368
b) Matériaux frais. 368
Manifestation de l'élément nucléinien 370
Conclusions 374

ARTICLE II.

Le nucléole des spirogyra pendant la division cellulaire.

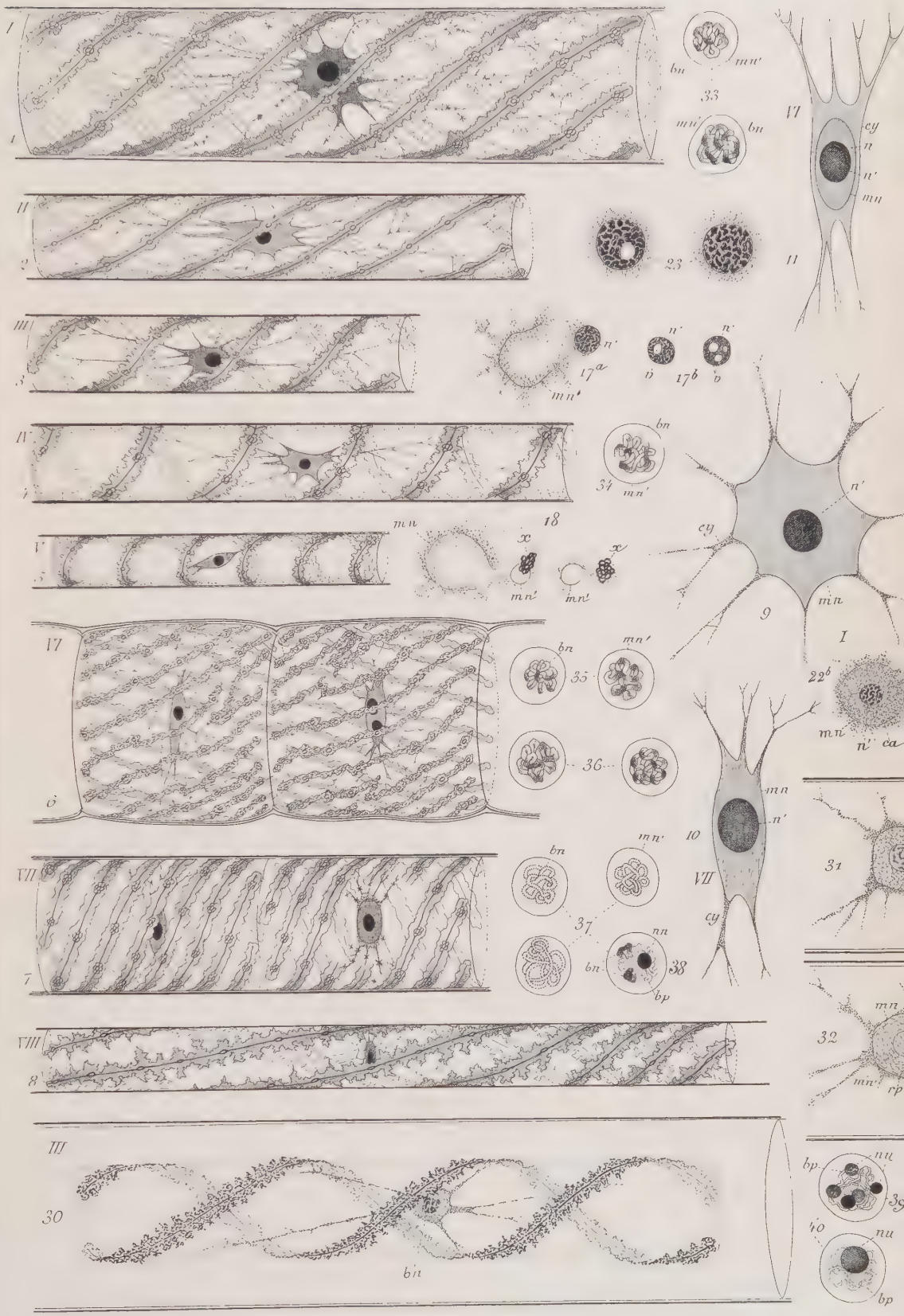
Préliminaires. 377
I. ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION. 377
II. MÉTHODE. 379
III. OBSERVATIONS 380
PREMIÈRE PROPOSITION. Il est possible de suivre pas à pas le nucléole des *Spirogyra* pendant toute la durée des phénomènes caryocinétiques, parce que jamais il ne disparaît réellement 381
DEUXIÈME PROPOSITION. Le nucléole-mère fournit à lui seul toute la nucléine de la plaque nucléaire dans la figure caryocinétique 384
TROISIÈME PROPOSITION. Les nucléoles-filles accaparent toute la nucléine des couronnes polaires à la fin de la cinèse. 386
Conclusions 390

ARTICLE III.

Discussion et critique.

Résumé général 391
I. J. B. CARNOY 392
II. TANGL 392
III. MACFARLANE 393
IV. STRASBURGER et FLEMMING 395
V. ZACHARIAS 396
Explication des planches 405
Table des matières 409

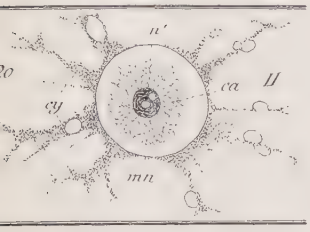
PL I

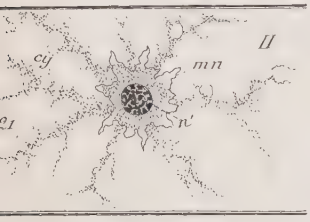


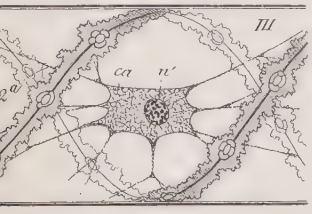
A. Meunier ad nat. del.

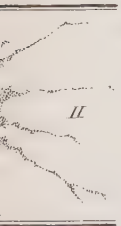
Lith.

n
II
mn
ca

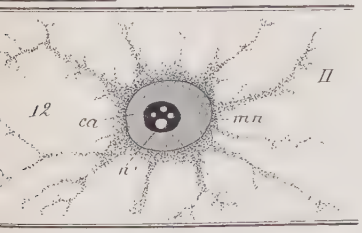

n'
ca
II
cy
mn

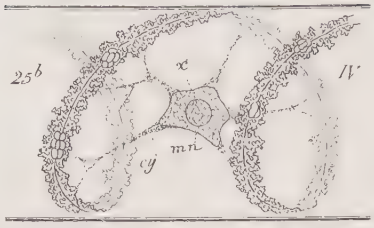

II
cy
mn
n'

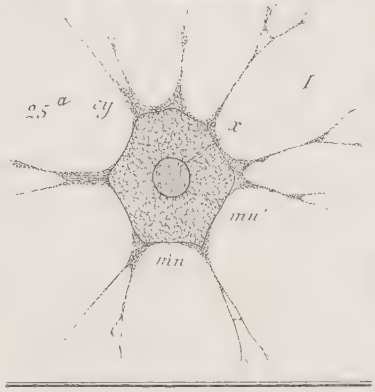

III
ca
n'

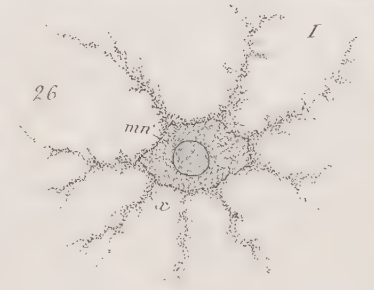

II

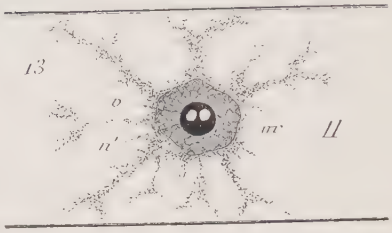
II


II
ca
mn
n'

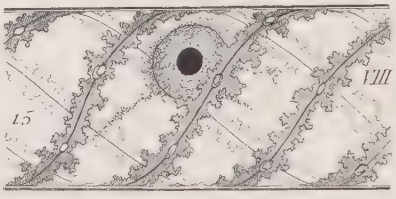

x
IV
cy
mn

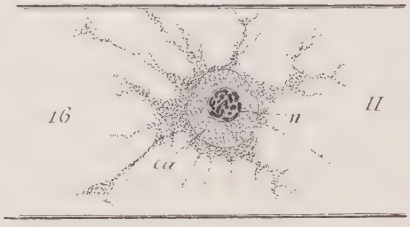

I
cy
x
mn'
mn

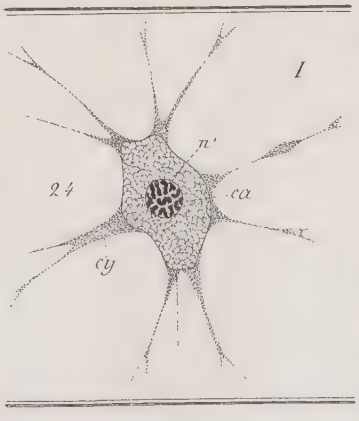

I
mn'
x

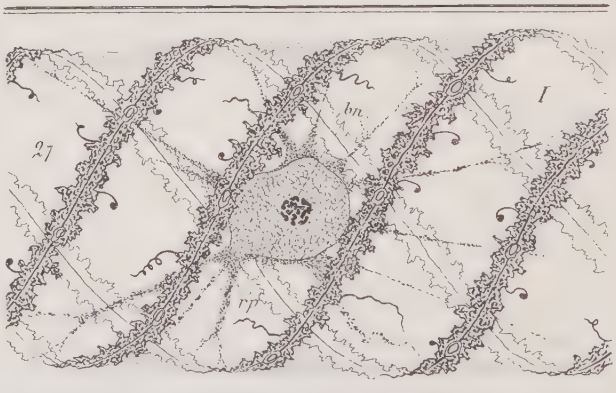

o
m'
II
n'

VIII

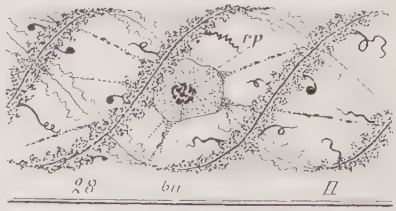

VIII

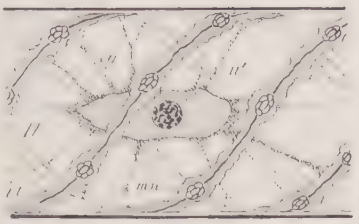

II
n
ca

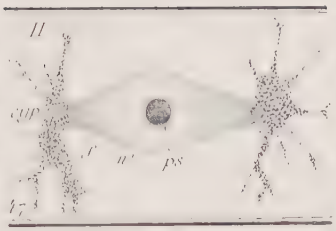

I
n'
ca
cy


I
bn
rp

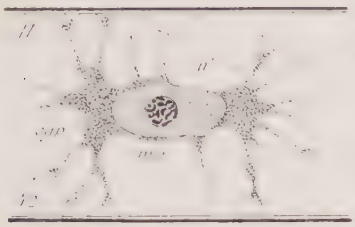
III
bn

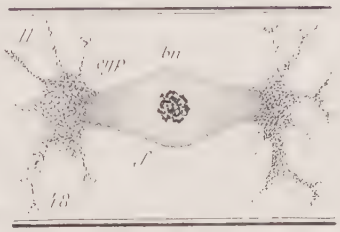

rp
bn
II

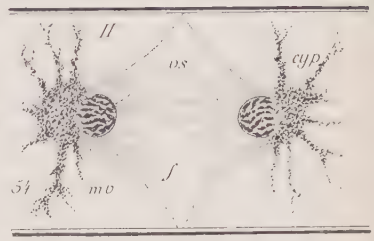

II
n'
mn


II
cyp
f
n'
ps

II
cp
f
cyp
53

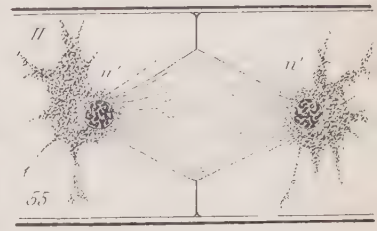

II
n'
cyp
mn
42

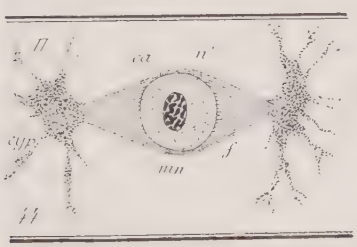

II
cyp
bu
f
48

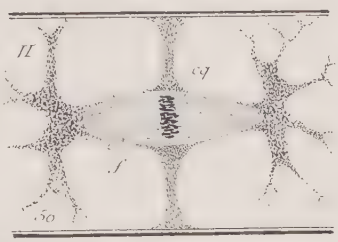

II
os
cyp
54
mo
f

II
cyp
ca
n'
mn
43

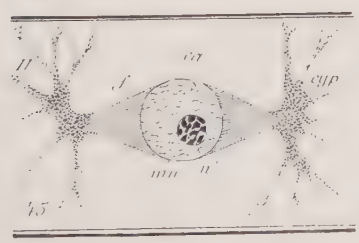
II
cyp
f
pn
49

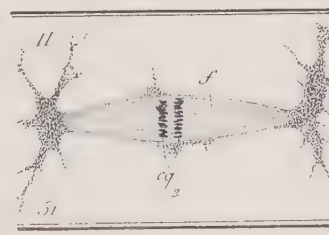

II
n'
n'
f
55

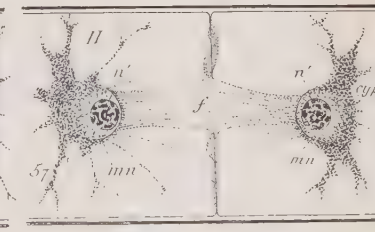

II
ca
n'
cyp
f
mn
44

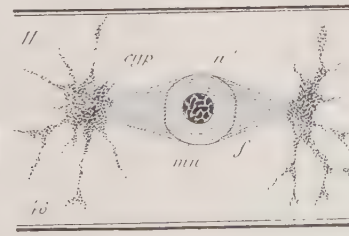

II
cq
f
50

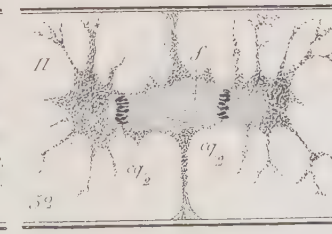
II
os
cyp
f
os
56


II
ca
f
cyp
mn
n'
45

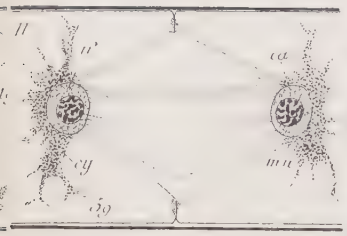

II
f
cq
2
51

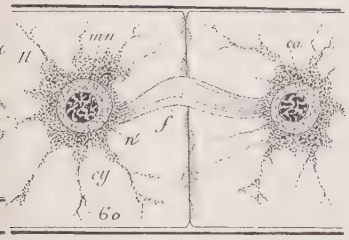

II
n'
n'
f
cyp
57
mn
mn

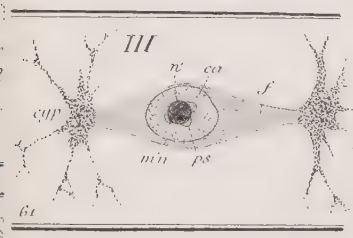

II
cyp
n'
mn
f
46

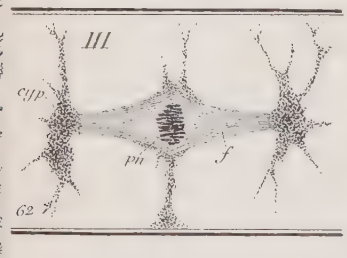

II
f
cq
2
cq
2
52

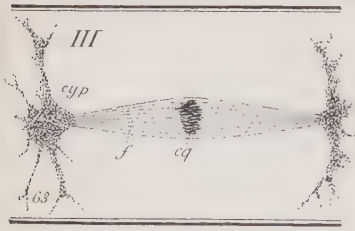
II
n'
f
n'
cyp
mn
mn
58

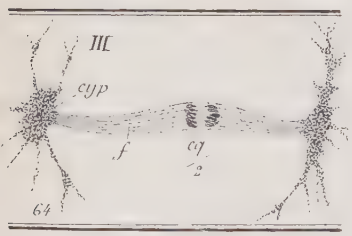

II
n'
ca
cy
mu
59

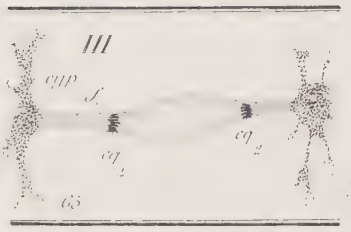

II
mu
ca
n'
f
cy
60

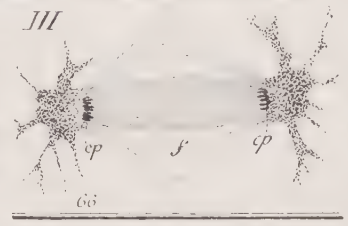

III
n'
ca
cyp
f
min
ps
61

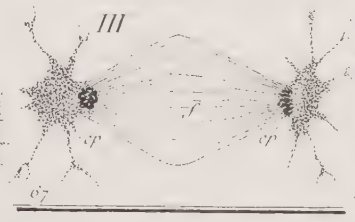

III
cyp
pn
f
62


III
cyp
f
cq
63


III
cyp
f
cq
2
64

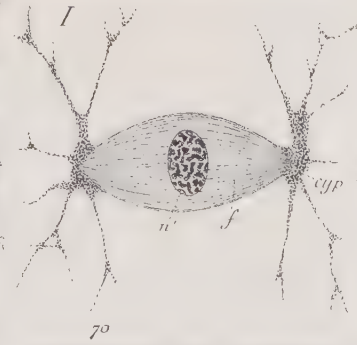

III
cyp
f
cq
2
65

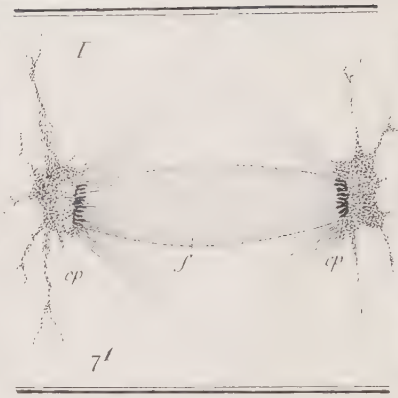

III
cp
f
cp
66


III
cp
f
cp
67

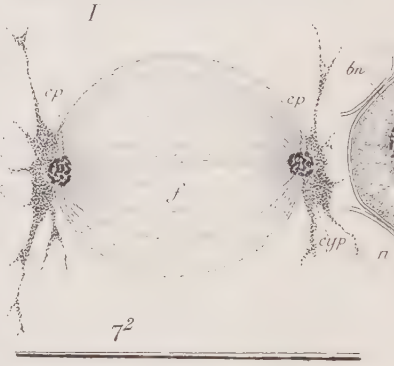
III
os
f
os
cyp
68

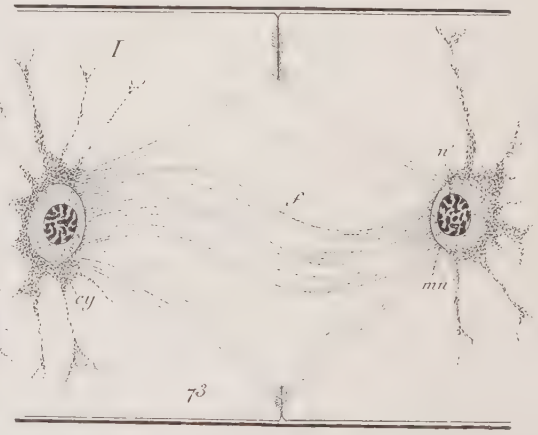
III
n'
f
n'
cy
69

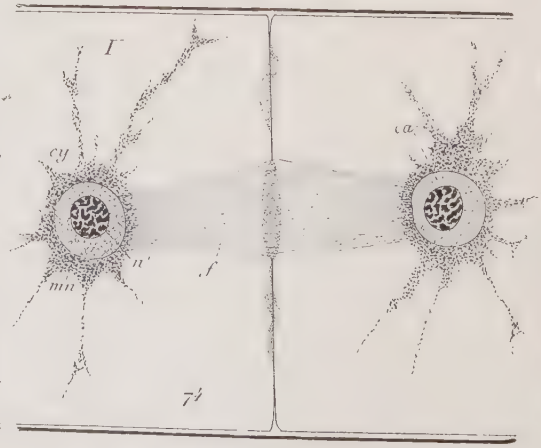

I
cyp
n'
f
70


I
cp
f
cp
71

n'
bn
n
75


I
cp
cp
f
bn
n
n'
f
cyp
n
76
72


I
n'
f
cy
mu
73


I
cy
n'
f
mu
74
ca

OBSERVATIONS CYTOLOGIQUES

SUR LES

ÉLÉMENTS SÉMINAUX

de la Scolopendre (*Scolopendra morsitans, Gerv.*) et de la Lithobie (*Lithobius forficatus*)

PAR LE

Dr A. PRENANT

CHEF DES TRAVAUX HISTOLOGIQUES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY.

OBSERVATIONS CYTOLOGIQUES

SUR LES

ELEMENTS SEMINAUX

de la Scolopendre *(Scolopendra morsitans, Gerv.)* et de la Lithobie *(Lithobius forficatus)*

Les myriapodes, et plus particulièrement les scolopendres *(Scolopendra dalmatica)* ont été, au point de vue de la spermatogénèse, d'une part, et sous celui de la cytodiérèse des cellules séminales, d'autre part, l'objet d'études approfondies de la part de Gilson (1) et de Carnoy (2).

Curieux de connaître, s'il m'est possible, l'origine et la signification des formations si spéciales, telles que Nebenkern, Spitzenknopf, Kopfkappe, etc., qui distinguent à divers moments de leur évolution les cellules séminales, j'ai entrepris quelques recherches dans ce sens chez divers animaux. Quiconque connaît les remarquables cellules des testicules de scolopendre et de lithobie comprendra que j'aie été vivement tenté de chercher en elles l'un de mes matériaux d'étude, et que j'aie pensé qu'après Carnoy et Gilson il y avait encore à glaner sur un terrain aussi fécond.

Je prie M. le professeur Carnoy de vouloir bien accepter l'expression de ma vive reconnaissance pour l'hospitalité distinguée qu'il a donné à mon travail dans un recueil consacré exclusivement à la cytologie et à l'histologie générale.

---

(1) Gilson : *Étude comparée de la spermatogénèse chez les Arthropodes*; La Cellule, t. I, f. 1, 1884.

(2) Carnoy : *La cytodiérèse chez les Arthropodes*; La Cellule, t. I, f. 2, 1885.

Note. Les Scolopendres qui ont servi à ce travail proviennent du laboratoire que dirige à Banyuls s. mer M. le professeur H. de Lacaze-Duthiers; c'est de là que les recevait notre ami M. le Dr Saint-Remy qui nous à permis de les employer pour ces recherches; nous l'en remercions vivement.

Les méthodes de recherche que j'ai employées sont les suivantes :

1° *Dissociations* — à l'aide de l'acide osmique à 1/100 dont je laisse l'action se prolonger 1, 2 et 3 jours s'il est nécessaire, — avec le liquide de Ripart et Petit, additionné d'acide osmique suivant la formule de Carnoy et Gilson — avec l'acide nitrique à 3/100. Les éléments dissociés étaient examinés sans coloration, ou colorés à l'aide du vert de méthyle acétique.

2° *Coupes.* — Les objets destinés à être coupés ont été traités par le liquide de Flemming (ancienne solution), par l'acide nitrique à 3/100, par le liquide de Ripart osmiqué. Après un séjour d'une heure environ dans ces réactifs, ils étaient lavés, et coupés après montage dans la paraffine. Les coupes ont été colorées de diverses façons. Les testicules traités par l'acide nitrique étaient colorés à la safranine (solution de Pfitzner). J'ai employé, pour ceux traités par le liquide de Ripart, l'hématoxyline Delafield. Ceux enfin durcis par le liquide de Flemming ont été colorés par le bleu d'Ehrlich ou la safranine, dont la matière colorante était fixée par le procédé Bizzozero.

Les scolopendres qui ont servi aux présentes recherches ont été sacrifiées aux mois de juillet et d'août.

Dans ses études sur la spermatogénèse des arthropodes, Gilson ne distingue chez la scolopendre et la lithobie que deux types de cellules séminales :

1° La métrocyte (cellule-mère, spermatogonie de la Valette St-George, et aussi spermatocyte du même auteur);

2° La cellule spermatique (spermatide, et spermatozoïde ou spermatosome de la Valette St-George).

La métrocyte est pour Gilson une cellule qui se divisera encore.

La cellule spermatique est une cellule qui ne se divisera plus, et qui se transformera directement en spermatozoïde.

Cette définition imposée par Gilson aux cellules-mères ou métrocytes d'une part, aux cellules spermatiques d'autre part, paraît leur convenir parfaitement et les caractériser le mieux possible. La classification des cellules séminales en deux groupes, fondée sur ces définitions, et qui en est la conséquence, a par suite une grande valeur. Si l'on subdivise chacun de ces deux groupes, on obtient la classification de la Valette St-George, et de Platner, dans laquelle les cellules-mères sont divisées en spermatogonies et spermatocytes, et les cellules spermatiques en spermatides et spermatosomes. La distinction des cellules-mères de la scolopendre en spermatogonies et spermatocytes me paraît difficile à faire, et en tout cas absolument

superflue. Il n'en est évidemment pas de même de la subdivision des cellules spermatiques en spermatides et spermatosomes.

Il nous reste ainsi trois types de cellules séminales : les spermatogonies ou métrocytes, les spermatides et les spermatosomes.

Malheureusement, au point de vue pratique, à voir une cellule séminale donnée, il est souvent difficile de dire si cette cellule se divisera encore ou non, si elle est par conséquent une métrocyte ou une cellule spermatique jeune. La démarcation entre les types cellulaires n'est pas nette. Et si l'on veut pouvoir dire en toute sécurité que c'est bien une cellule spermatique que l'on a devant les yeux, il faut se contenter de qualifier ainsi les cellules en qui la différenciation nucléaire et tous les phénomènes qui conduisent à la formation d'un spermatozoïde, se sont déjà révélés. Néanmoins, il me semble que la distinction en question, pour ne pas se vérifier facilement dans le champ du microscope, n'en doit pas moins être maintenue théoriquement, et que, fondée sur les définitions de Gilson, elle est d'une grande valeur.

I.

CARACTÈRES CYTOLOGIQUES DES MÉTROCYTES AU REPOS.

Les métrocytes, de taille très variable, mais le plus souvent énorme, sont de forme régulière, ou bien très irrégulière au contraire, et présentant des prolongements en tous sens. Elles sont fréquemment disposées par paires, les cellules jumelles étant accolées par une large face plane.

Leur protoplasme est constitué par un réticulum plastinien, à nœuds très puissants. Sur les objets traités par les liqueurs de Ripart, de Flemming, l'acide nitrique à 3/100, le réticulum est très net et très développé, fig. 4 et 5. Après l'action de l'acide osmique, le protoplasma paraît simplement granuleux, le réticulum est peu distinct, contracté qu'il est par le réactif, et n'est visible qu'en ses points nodaux représentés par les granules cytoplasmiques fig. 2.

Le protoplasma présente çà et là des formations remarquables, que Gilson et Carnoy ont passées sous silence, et qu'ils n'ont pas représentées, au moins chez les myriapodes. Il s'agit d'un agencement du réticulum cytoplasmique en cordons formés de grains soudés bout à bout. Ces cordons paraissent s'être constitués de la façon suivante. Que dans le réticulum cytoplasmique on renforce toute une série continue de travées, que cet accroissement de puissance et de netteté se fasse suivant une ligne sinueuse,

et qu'aux deux extrémités de cette ligne la puissance des travées ainsi modifiées aille en s'atténuant, on aura une idée de la façon dont il semble que ces formations se constituent FIG. 6. Le cordon sinueux ainsi produit se continue par ses deux extrémités avec des travées ordinaires, non modifiées du cytoplasme. Le cordon a d'ailleurs des formes variables en ?, en *S*, en ∩. A un état plus accentué de cette formation, les deux extrémités de ce cordon se sont rejointes, ou pour parler plus exactement, la différentiation des trabécules du réticulum s'est faite sur les travées non transformées jusqu'alors qui reliaient par exemple les deux branches d'une formation en ∩. Il en résulte un corps parfaitement limité, dans l'intérieur duquel sont emprisonnées un certain nombre de travées du réticulum cytoplasmique, FIG. **2** et **3**.

Dans les métrocytes de la scolopendre, le nombre, la situation de ces formations sont des plus variables. Dans les plus grandes métrocytes, qui sont aussi les plus anciennement formées, ces corps manquent, ou ne sont qu'ébauchés, alors très nombreux et répandus dans toute l'étendue du protoplasma. Mais le plus souvent ces formations sont limitées à la portion de cytoplasme qui avoisine le noyau, et alors tantôt elles sont réparties sur toute la périphérie du noyau, tantôt elles constituent seulement sur une de ses faces une sorte de croissant. Dans les métrocytes les plus récemment formées, celles qui appartiennent aux plus jeunes générations, ces formations atteignent leur plus grande limitation, et leur plus grande individualité.

Dans des métrocytes jumelles, telles qu'en représentent les FIG. **3**, **9**, on voit dans chaque cellule un corps de forme parfaitement délimitée, et dont la situation n'est pas moins définie; chaque corps occupe une position symétrique par rapport au plan de séparation, ou de division des deux cellules. Enfin dans des métrocytes également jumelles, j'ai vu assez nettement le cordon de chacune des deux cellules partir du noyau cellulaire correspondant, pour aller se pelotonner dans la cellule. Ailleurs encore il semble que ces cordons passent de l'une des cellules à sa sœur, établissant ainsi un lien entre les deux, FIG. **10**. Il est certain que les FIG. **2**, **3**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11** représentent autant de stades divers du développement de ces formations. Dans une cellule au repos absolu, on trouve ces corps spéciaux disséminés dans toute l'étendue du cytoplasme, FIG. **6**. Dans d'autres cellules, le protoplasma différentié forme un croissant sur l'un des côtés du noyau. Dans une cellule à deux noyaux, FIG. **7**, les filaments cytoplasmiques spéciaux constituent une traînée qui, partant de l'un des noyaux qu'elle entoure à demi,

gagne l'autre noyau par un trajet un peu incurvé. Ces filaments sont évidemment en marche vers chacun des deux noyaux. C'est un état où ils sont parvenus à destination qui est représenté par la FIG. **2**. Que ces filaments, au lieu de s'amasser sur les faces opposées des deux noyaux, le fassent sur les côtés qui se regardent, et les aspects des FIG. **3** et **9** seront constitués; dans la FIG. **9**, les formations spéciales se sont accentuées et individualisées davantage, en paraissant subir une modification qui rend leur substance homogène. Dans les cas représentés par les FIG. **2**, **3**, **8**, il n'est rien resté de la partie moyenne de la traînée filamenteuse que représente la FIG. **7**. En la FIG. **10**, un pont de protoplasma granuleux spécial unit les deux cellules-filles. En la FIG. **8**, on sent que la formation de chacune des cellules a dû être rattachée à sa congénère, peut-être par l'épais filament qui les relie encore. Enfin la FIG. **11** montre une formation de configuration toute spéciale commune aux deux cellules-sœurs, encore contiguës.

Je ne prétends pas que les stades se succèdent dans l'ordre que j'indique. J'affirme seulement que ces différents aspects se relient et s'enchaînent étroitement.

J'ai constaté l'existence de ces formations diverses après l'action de divers réactifs, et principalement de l'acide osmique qui les met en évidence, surtout lorsque son action a été prolongée. Le liquide de RIPART osmiqué, suivant la formule de GILSON, les présente également très bien, à condition que son action ait été prolongée; dans des objets traités par ce liquide, examinés au bout d'un ou de deux jours, ces corps ont acquis toute leur netteté. Ces résultats sont sans doute dûs à l'acide osmique contenu dans le liquide. Un examen immédiat dans le liquide de RIPART ne montre rien de ces formations. Les coupes faites après l'action du liquide de FLEMMING font également voir de ces corps; il y sont colorés en rose pur par l'éosine.

Ce sont là sans doute les formations que LEYDIG (1) a considérées comme des nœuds du réticulum cytoplasmique, et dans lesquelles GILSON ne voit que des enclaves albuminoïdes, situées dans les mailles du réticulum. Du reste, dit-il, » ces enclaves sont loin d'exister dans toutes les cellules; on doit les considérer comme des réserves passagères «. Ces corps rappellent, surtout lorsqu'ils sont bien individualisés, et ne paraissent plus de simples arrangements du réticulum cytoplasmique, les » Nebenkern « que présentent les cellules séminales de beaucoup d'animaux étudiés à ce point de vue jusqu'à ce jour. On connaît sur ces Nebenkern les faits de

(1) LEYDIG : Untersuchungen zur Anat., etc., 1883. — Zelle und Gewebe, 1885.

Bütschli (1), de la Valette St-George (2), et surtout de Platner (3). Dans certaines métrocytes, fig. 3, 9, les corps dont il est ici question se sont montrés sous un aspect identique à celui des corps que figure Platner, et qu'il appelle Nebenkern, dans les spermatocytes d'*Helix* et d'*Arion*, ou encore aux figures que la Valette-St George donne dans ses études sur la spermatogénèse chez la *Blatta* et la *Forficula*. Je les regarde donc comme des » Nebenkern «. Seulement ce qui distingue ces formations dans les métrocytes de la *Scolopendra morsitans*, c'est qu'elles se présentent souvent à l'état d'ébauches, et sans situation précise.

Carnoy et Gilson nient dans les métrocytes des arthropodes l'existence du Nebenkern dans le sens des auteurs, et veulent y voir, ainsi que je l'ai dit déjà, de simples enclaves albuminoïdes. Carnoy représente de ces enclaves dans des noyaux en division du *Crangon cataphractus* (fig. 247, 248, 250, 251); il les figure en des situations qu'il reconnaît constantes. Il ne cherche pas d'ailleurs à donner d'explication plus précise de ces faits, et se contente de dire que ces enclaves sont passives dans leurs déplacements, qu'elles sont amenées peu à peu vers les pôles par les mouvements dont le cytoplasme est animé pendant la caryocinèse.

Considérant pour le moment les métrocytes à l'état statique, nous ne rechercherons pas l'origine réelle de ces corps. Mais nous ferons remarquer que la situation que nous leur avons reconnue, et leur mode de production par agencement spécial du cytoplasme, s'accordent très bien avec les données de la Valette St-George et de Platner. On sait que la Valette St-George fait dériver ces corps d'un arrangement particulier de certains cytomicrosomes, et que si l'on remonte alors plus haut, cherchant l'origine de ces cytomicrosomes spéciaux à leur tour, on la trouve dans des restes du fuseau achromatique. Jusqu'ici nous n'avons acquis pour la scolopendre que le premier point, exposé déjà par la Valette St-George dans un premier

(1) O. Bütschli : Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusioren und die Zelltheilung (Zeitschrift für wiss. Zoologie, 1875); et : Studien über die ersten Entwickelungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien (Ibid. 1876).

(2) la Valette St-George : Spermatologische Beiträge (Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXVII, H. 2). Zelltheilung und Samenbildung bei *Forfificula auricularia* (Kölliker's Festschrift, 1887).

(3) Platner : Ueber die Spermatogenese bei den Pulmonaten (Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXV, H. 4). — Ueber die Entstehung des Nebenkerns und seine Beziehung zur Kerntheilung (Arch. f. mikr. Anat., Bd XXVI, H. 3). — Zur Bildung der Geschlechtsprodukte bei den Pulmonaten (Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXVI, H. 4). — Ueber die Befruchtung bei *Arion empiricorum* (Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXVII, H. 1). — Die Karyokinese bei den Lepidopteren als Grundlage für eine Theorie der Zelltheilung (Intern. Monatsschrift, Bd. III, 1886).

travail (1), puis dans ses mémoires sur la spermatogénèse de la blatte (2) et de la forficule (3). Nous verrons plus loin, à propos des cellules en division, s'il y a lieu d'admettre l'origine de ces cytomicrosomes, formateurs du Nebenkern, aux dépens des restes du fuseau (LA VALETTE), ou de faire dériver directement le Nebenkern du fuseau nucléaire (PLATNER).

Pour en finir avec les caractères du cytoplasme des métrocytes, disons qu'il peut renfermer des vacuoles. Dans des préparations à l'aide de l'acide nitrique, nous avons vu dans une métrocyte à deux noyaux, une vacuole correspondant à chaque noyau, et dans une position déterminée. Sur des métrocytes à un seul noyau, on peut aussi touver une seule grosse vacuole. Dans des métrocytes-sœurs, fixées par l'acide nitrique, et aussi dans des métrocytes binucléées, traitées par le même réactif, la situation de ces vacuoles était absolument celle que les Nebenkern occupent dans la FIG. **3**. Il est donc fort probable que ces vacuoles sont le résultat de la transformation des Nebenkern, sous l'influence de l'acide nitrique. Car, ainsi que LA VALETTE St-GEORGE, dans son travail sur la spermatogénèse de la blatte p. 9), le fait remarquer, les acides dilués, par exemple l'acide acétique au 1/100, transforment le Nebenkern en une vacuole.

Le noyau des métrocytes est très grand; il est souvent relativement plus petit dans les plus grosses métrocytes. Sur les objets traités par l'acide osmique, il se montre nettement délimité par un contour fin. Sur les préparations au liquide de RIPART et PETIT, ou à l'acide nitrique à 3/100, sa limite est formée par une succession de grains, semblables à ceux qui forment les points nodaux du réticulum soit cytoplasmique, soit caryoplasmique, FIG. **4** et **5**. Il semble que les travées du réticulum nucléaire se sont disposées circulairement le long de ses confins extrêmes pour limiter le noyau et le séparer du protoplasme. Entre les grains de cette membrane nucléaire, on aperçoit des parties plus minces et les reliant directement, de telle sorte que la membrane serait fortement réticulée, avec un réseau en relief et une substance remplissant les mailles du réseau et beaucoup plus mince. Peut-être même ces mailles seraient-elles perforées en certains endroits.

En dehors de cette membrane, qui appartient évidemment au noyau, se trouve un liséré clair, mince et amorphe, que l'éosine colore en rose. Peut-être est-ce là la véritable membrane?

(1) LA VALETTE St-GEORGE : Ueber die Genese der Samenkorper, III. Mittheilung; Arch. f. mik. Anat., Bd. X, 1874.

(2) Id. : Loc. cit.,

(3) Id : Loc. cit.,

Le contenu du noyau présente un aspect bien variable, suivant que l'on s'adresse à des objets fixés par l'acide osmique, ou par d'autres réactifs. Après action de l'acide osmique, on trouve 2, 3 et 4 nucléoles qui, dans les plus grosses métrocytes, paraissent eux-mêmes constitués de grains; ces nucléoles semblent ainsi n'être souvent qu'un amas de corps nucléolaires plus petits, FIG. 1.

Les nucléoles de la *Scolopendra dalmatica* ne sont pas, disent GILSON et CARNOY des nucléoles chromatiques, ou des nucléoles-noyaux, comme ils les nomment. Ceux du *Lithobius* sont des nucléoles-noyaux au contraire. Dans la scolopendre, le noyau renferme des corps nucléiniens de forme variable, et un nucléole plasmatique (GILSON, FIG. 779; CARNOY, FIG. 300), c'est-à-dire un nucléole sans nucléine, un nucléole qui ne se colore pas. Voici ce que nous avons vu. Sur des testicules de lithobie traitées par le liquide de FLEMMING, le nucléole de la métrocyte est énorme, très avide de matière colorante; c'est un véritable nucléole-noyau; on y découvre un réticulum plus coloré et qui a pris par le bleu d'EHRLICH une teinte bleue, tandis que le fond du nucléole est coloré en rose par l'éosine. Dans certains nucléoles la coloration est bleue uniforme, à cause sans doute du tassement du réseau chromatique. Chez la *Scolopendra morsitans*, le liquide de FLEMMING ou l'acide nitrique montrent dans le noyau, un, deux ou trois nucléoles, tout aussi chromatophiles que le nucléole unique du *Lithobius*; ce sont donc aussi, sinon des » nucléoles-noyaux, « tout au moins des » nucléoles nucléiniens « de CARNOY. Il s'y trouve également des nucléoles achromatiques, que CARNOY nomme plasmatiques; l'éosine seule les colore; il peut y en avoir deux ou trois dans un même noyau. Ces nucléoles paraissent des nucléoles chromatiques d'où la chromatine a émigré pour prendre part à la constitution du réseau chromatique du caryoplasme. Enfin il y a des noyaux qui ne montrent plus de nucléoles du tout. Ces deux derniers cas appartiennent peut-être bien à des débuts de caryocinèse.

Le caryoplasme se compose d'un réticulum plastinien puissant, souvent assez irrégulier, qui prend extérieurement attache sur la membrane nucléaire FIG. 1, 4 et 5. Aux points nodaux de ce réseau se trouvent des grains chromatiques. Nous n'avons pas vu, même sur les préparations traitées par la liqueur de RIPART suivant la méthode de GILSON, des corps nucléiniens volumineux comme cet auteur en représente, dans sa FIG. 779, chez la *Scolopendra dalmatica*.

II.

OBSERVATIONS SUR LA DIVISION DES MÉTROCYTES.

Relativement à la caryocinèse, et à la plasmodiérèse des métrocytes de la *Scolopendra morsitans*, nous avons quelques observations à communiquer.

Après que le ou les nucléoles ont disparu, en donnant naissance par fragmentation de leur masse, à un certain nombre de grains de chromatine, après que ceux-ci se sont agglomérés en un certain nombre de corps, qui se dissocieront à leur tour de nouveau, ou non, la membrane nucléaire disparaît, ou tout au moins le noyau cesse d'être nettement délimité. On peut alors voir comme les travées de son réticulum se continuent par celles du réseau cytoplasmique, continuité qui paraît devoir persister pendant toute la durée de la division nucléaire.

Mais avant que la membrane nucléaire ait disparu, alors que la cavité du noyau est fermée de toutes parts, on observe que le réseau plastinien du noyau présente un arrangement bipolaire très net de ses travées, les mailles du réseau commençant à s'allonger dans un sens qui sera plus tard celui de l'axe du fuseau achromatique. Dans les cellules de la FIG. **12**, la membrane nucléaire existe encore. Sur l'une des cellules, *a*, on ne voit pas d'arrangement spécial des travées plastiniennes. Mais sur l'autre, *b*, les mailles du réseau sont allongées dans le sens de l'allongement du noyau même. La chromatine s'y montre répartie : 1° aux deux pôles du noyau; 2° suivant deux plans parallèles au plan équatorial de la figure. De chacun de ces deux plans, et de chaque groupe de grains chromatiques qui forment ces plans, partent des fils parallèles à l'axe de la figure. Il est clair qu'il s'agit, dans cette disposition spéciale des filaments plastiniens, d'un début de fuseau. Je pense donc que cette figure parle en faveur de l'origine nucléaire du fuseau admise par CARNOY (1), PFITZNER (2), FLEMMING (3 et 3bis), PLATNER (4 et 5), HEUSER (6), et que pour cette raison elle mérite d'être repré-

(1) CARNOY : Loc. cit.; — et dans un travail récent : *La vésicule germinative et les globules polaires chez quelques nématodes*; La Cellule, t. III; pl. VI, fig. 139, 140, 144.

(2) PFITZNER. — Arch. f. mikr. Anat., t. XXII, p. 655.

(3) FLEMMING. — Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung, p. 341.

(3bis) FLEMMING. — Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle; Arch. für mikr. Anat , Bd XXIX, H. 3.

(4) PLATNER. — Zur Bildung der Geschlechtsprodukte bei den Pulmonaten; Arch. für mikr. Anat., Bd XXVI, H. 4, p. 600.

(5) PLATNER. — Die Karyokinese bei den Lepidopteren, etc.; Intern. Monat., Bd. III, 1886.

(6) HEUSER. — Beobachtungen über Zellkerntheilung; Bot. Centralblatt, 1886, nos 1—5.

sentée. La figure que donne Platner pour appuyer son opinion me semble peu probante, prise qu'elle est en un stade trop avancé. De toutes les figures que Carnoy invoque de son côté (p. 340 de son travail sur la cytodiérèse des Arthropodes), pour montrer que le fuseau est une production nucléaire, je ne trouve de concluantes que les fig. 114, 115, 125, 135, 213*a*, 244*b*.

Pour que le réticulum caryoplasmique puisse devenir directement un fuseau, il faut évidemment que les travées dirigées à peu près dans le sens bipolaire deviennent prépondérantes, en absorbant peu à peu les travées transversales ou obliques par rapport à l'axe du fuseau, et qui finissent par disparaître.

Il m'a semblé que cet état de la charpente achromatique du noyau, où l'on trouve déjà un arrangement bipolaire, mais où cependant les travées longitudinales ne sont pas les seules, et sont seulement plus importantes que les trabécules obliques ou transversales qui les relient, pouvait durer très longtemps. Non seulement je l'ai vu au début de la caryocinèse, mais encore sur des noyaux, où la plaque équatoriale était déjà formée, et même au stade de dispirem fig. **14**, à moins qu'il ne s'agisse ici d'une nouvelle formation de filaments bipolaires, en d'autres termes de filaments connectifs, ce que je ne pense pas. On peut dire dans ces cas que la caryocinèse s'est effectuée tout entière sans le concours d'un parfait fuseau. Carnoy a représenté chez la *Scolopendra dalmatica*, en un stade qui précède celui de la plaque équatoriale, un remarquable fuseau réticulé, fig. 304. Platner (lépidoptères) a donné (fig. 30) une image analogue. Alors même que l'on ne voit pas les filaments transversaux ni obliques du fuseau réticulé, ils sont indiqués par la situation transversale ou oblique de certains bâtonnets chromatiques qui, le long de ces anastomoses, cheminent jusqu'aux filaments longitudinaux par lesquels ils gagnent les pôles.

Mais si des figures de ce genre montrent que le fuseau dérive de la charpente achromatique du noyau, simplifiée et orientée d'une certaine façon, il n'en faudrait pas conclure que toute la charpente plastinienne est dans tous les cas employée à l'édification d'un fuseau nucléaire. Je crois que les fig. **13**, **15** sont de nature à montrer que cette transformation peut n'être que partielle. La fig. **13** présente un fuseau central grêle, autour duquel se trouve, dans un espace clair, qui n'est certes pas le cytoplasme, un réticulum avec des points nodaux puissants. La formation fuselée ne s'est pas faite à la périphérie, où le réticulum nucléinien a persisté, et la

chromatine s'est portée sur le fuseau axile, pour gagner par son intermédiaire les pôles de la figure. On peut aussi observer un fuseau périphérique avec persistance, au centre de la figure, du réticulum plastinien. Tout au moins peut-on affirmer, d'après l'examen des coupes sériées de noyaux *a*, *b*, *c* de la FIG. 15, que la formation filamenteuse n'a été qu'unilatérale, et que de l'autre côté les filaments du fuseau se dessinent à peine sur le réticulum nucléaire; il est remarquable que dans ce cas la chromatine s'était portée exclusivement du côté où les filaments étaient bien constitués. Le fuseau, lorsqu'il est axile, et n'occupe pas toute l'étendue des limites de l'ancien noyau, est très grêle et souvent de forme élégante. Ce qui reste du territoire nucléaire peut se montrer, comme dans la FIG. 13, occupé par un réticulum; ou bien, comme sur la FIG. 32, on voit à côté du fuseau une partie plus sombre, colorée en rose par l'éosine, et qui appartient certainement au noyau.

Un autre fait que j'ai observé peut trouver sa place ici. Souvent le fuseau se montre continu; les filaments courent sans interruption d'un pôle à l'autre, FIG. 36; c'est ce que font bien voir les noyaux de scolopendre dont la partie fusoriale est assez bien développée, au lieu que la chromatine, n'y étant pas très abondante, ne forme pas à l'équateur une masse suffisamment compacte pour empêcher de distinguer à ce niveau les filaments achromatiques. Mais souvent aussi les filaments du fuseau ne vont pas jusqu'à l'équateur. A une certaine distance de lui, ils s'arrêtent; et l'espace équatorial se montre occupé par une substance grenue ou même réticulée, FIG. 33. Sommes-nous en présence d'un retour du fuseau à l'état réticulé primitif, régression qui marcherait de l'équateur vers les pôles, ou bien du début de la partie équatoriale du fuseau, qui se constituerait ainsi d'une façon centrifuge? La première hypothèse n'est guère admisible; car à une période de la caryocinèse plus avancée, les filaments du fuseau persistent dans la région équatoriale surtout, là où dans une période antérieure ces filaments auraient disparu. Il s'agit donc du début du fuseau, dans sa portion équatoriale.

D'où vient cette substance grenue et même réticulée qui occupe l'équateur du fuseau? Des partisans à outrance de l'origine exclusivement nucléaire du fuseau pourraient la faire dériver de la portion du réticulum plastinien nucléaire. Mais à cette époque de la caryocinèse, où le noyau n'a plus de limite précise, la membrane nucléaire ayant disparu, où suc nucléaire et suc cellulaire se confondent, où le noyau paraît comme éclaté en son ventre dans l'intérieur de la cellule, on ne peut plus défendre l'origine nucléaire de

ce qui doit encore se constituer. On peut alors penser tout aussi bien que du cytoplasme pénètre dans le territoire nucléaire, non pas par les pôles avant la complète destruction de la membrane, comme l'avance Strasburger (1), mais par l'équateur, que ce qui se mélange à la substance du noyau, ce n'est pas, comme le veut le même auteur, le réticulum plastinien du cytoplasme, mais plutôt, comme le dit Carnoy, du suc nucléaire, de l'enchylème. (Comp. Flemming, *Zellsubstanz*, etc., p. 340, 341, 342, et p. 226 et suiv.).

Une question qui se rattache directement à celle-ci est celle de savoir sous quel aspect se présentent les couronnes équatoriales sur les coupes de noyaux perpendiculaires à l'axe du fuscau, et comment la partie achromatique se comporte à cet égard. En consultant les figures données par les auteurs, on trouve que, si la disposition des bâtonnets chromatiques a été représentée maintes fois, celle de la partie achromatique a été beaucoup plus négligée. Si les filaments fusoriaux se continuent au niveau de la plaque équatoriale, on doit voir leur coupe transversale. Si à cet endroit il existe quelque autre disposition de la portion achromatique du noyau, il importe de fixer quelle elle est. Platner figure une plaque équatoriale dans laquelle les espaces interchromatiques sont occupés par une substance foncée. Carnoy représente dans ses fig. 171, 178*d*, des vues équatoriales avec coupes de filaments du fuseau; mais il ne dit pas si ces vues équatoriales sont celles de la région équatoriale même. La fig. 246*d*'' du même auteur est des plus nettes. On y voit la couronne équatoriale observée d'en haut, et à son intérieur des filaments réticulés qui s'étendent du centre à la périphérie (p. 321). J'ai vu aussi, moins nettement que Carnoy il est vrai, un réticulum équatorial sur lequel les bâtonnets chromatiques, non encore rangés à la périphérie de la figure nucléaire, étaient situés, fig. **16** et **17**.

Des corpuscules polaires je n'ai que peu de chose à dire. Dans certains cas ces corpuscules paraissaient réfringents, et, sur les préparations colorées par le bleu d'Ehrlich, ces corpuscules étaient bleuâtres, soit à cause de leur réfringence, soit qu'ils fussent réellement colorés.

Passant maintenant aux dispositions qu'affecte la chromatine dans les métrocytes en division de la scolopendre, j'indiquerai d'abord l'existence d'une forme très fréquente déjà signalée par Carnoy, et représentée par lui fig. 203 chez le *Lithobius*. Chaque filament plastinien du fuseau supporte,

(1) Strasburger : Die Controversen der indirecten Kerntheilung; Arch f. mikr. Anat., Bd. 23, p. 298.

d'après Carnoy, un tronçon grêle de chromatine. »On remarquera dans la fig. 203 combien ces tronçons sont longs et minces; ils portent la marque évidente d'un étirement, dû sans doute à l'extension subite du noyau et des filaments auxquels ils adhérent. Il en est qui couvrent leur fil d'un bout à l'autre, et dont l'épaisseur est tellement réduite qu'on a peine à y saisir des traces de coloration sous l'action du vert de méthyle.« Carnoy ajoute que les éléments nucléiniens se raccourcissent, et peuvent alors être comptés; ils se rapprochent enfin en une plaque équatoriale. La chromatine se trouve distribuée sur ces filaments sous forme de petits grains soudés ou non fig. **30** et **31**. A un grossissement modéré, les filaments paraissent colorés sur toute leur longueur et uniformément en bleu, de sorte qu'on pourrait parler d'une disposition filamenteuse de la chromatine. Carnoy admet que cet état, qui suit la scission du peloton chromatique, et qui correspond à l'arrangement des fragments, n'est pas le seul chez les myriapodes, et qu'il existe un autre mode de fragmentation.

Une phase très fréquente et par conséquent longue de la division nucléaire est ici celle qui précède la plaque équatoriale et qui en marque le début, au moment où les bâtonnets chromatiques gagnent l'équateur. Cette expression de bâtonnet doit d'ailleurs être prise dans un sens très large; car ici, comme en d'autres endroits, et en particulier dans les cellules séminales de beaucoup d'animaux, la chromatine n'est pas en filaments ou même en bâtonnets, mais en grains, ou tout au plus en bâtonnets très courts. Chacun de ces bâtonnets montre, à la phase dont il est question, un début de segmentation transversale se manifestant par un étranglement du bâtonnet qui se trouve partagé en deux boules reliées par un pédicule; d'où la forme d'haltère. Il paraît s'écouler assez de temps jusqu'à ce que cette segmentation soit complète, fig. **15**, **36**.

Il est aussi digne de remarque que, à une époque où le fuseau est parfaitement constitué déjà, on trouve de la chromatine disposée sous forme d'un nucléole-noyau fig. **34**. Est-ce une persistance du nucléole-noyau jusqu'à cette époque? Est-ce une disposition secondaire, une anomalie dans l'arrangement des grains de chromatine! C'est ce que je ne puis décider. Il serait possible d'interpréter cette disposition par une accumulation des segments chromatiques en un point donné, constituant une véritable anomalie de la caryocinèse. C'est ce que Flemming a fait. (Zur Kenntniss der Zelle, fig. 46 et autres.)

Les rapports du cytoplasme avec le noyau en voie de division peuvent être étudiés sur des noyaux vus en long, et aussi sur des coupes de noyaux perpendiculaires à l'axe. On constate alors que le réticulum de la plaque équatoriale déjà signalé se continue avec le réticulum du cytoplasme, FIG. **16** et **17**.

Cette même question des rapports nucléo-cytoplasmiques peut aussi être discutée à propos des relations que le fuseau affecte vis-a-vis des asters. CARNOY affirme que chez les arthropodes, et notamment chez la *Scolopendra dalmatica*, les asters naissent à une certaine distance du pôle du fuseau, disposition dont il serait superflu de faire ressortir l'importance. Plus tard le fuseau grandissant en longueur devient contigu au centre de l'aster, FIG. 305 et 306. C'est ce dernier rapport, cette contiguité que j'ai toujours vue, sauf sur une volumineuse métrocyte en division, FIG. **36**, dont un des asters celui de gauche est éloigné du fuseau. Cela peut tenir à la façon dont la coupe a intéressé le noyau; celui-ci n'aurait pas été sectionné exactement suivant son axe; dans ce cas le pôle gauche du fuseau paraît plus voisin de l'équateur qu'il ne l'est en réalité.

Les asters affectent de leur côté vis-à-vis du reste de cytoplasme une disposition qui a été parfaitement indiquée par CARNOY. Ils ne sont que le résultat d'un agencement spécial du réticulum cytoplasmique avec lequel ils se continuent immédiatement, FIG. **37**.

La question qui nous préoccupe le plus, pour laquelle nous avons fait ces quelques recherches — dont les résultats indiqués jusqu'ici ne sont qu'accessoires à notre point de vue — est celle de savoir comment se fait la régression du fuseau, ce que devient le vestige fusorial. On connaît les faits remarquables avancés par PLATNER. D'après cet auteur, le fuseau se réduit de plus en plus dans l'espace qui sépare les deux cellules-filles s'il y a eu cytodiérèse, ou bien au sein du protoplasme de la cellule-mère, si la plasmodiérèse ne s'est pas faite. Puis ce fuseau se rompt en son milieu. Il en résulte que chaque cellule-fille emporte avec elle la moitié correspondante du fuseau qui, retirée dans le corps protoplasmique de la cellule, se sépare ensuite du noyau, se limite de toutes parts et devient un corps de configuration définie, le » Nebenkern. « Plus tard, quand la cellule se divisera à nouveau, ce Nebenkern, qui est une partie constituante du noyau, séparé temporairement, sera repris par le noyau suivant un processus que PLATNER précise, et employé à l'édification du fuseau (1). Antérieurement PLATNER

(1) PLATNER, dernier travail : Zur Bildung der Geschlechtsprodukte bei den Pulmonaten.

avait représenté cette excrétion du Nebenkern par le noyau, et cette rentrée du corps séparé dans le noyau, d'une manière plus frappante encore (1).

J'ai vu le fuseau s'étendant entre les deux noyaux-filles, et traversant librement l'espace vide produit déjà par l'écartement des deux cellules. C'est là un état que l'on trouve fréquemment dans la division des cellules séminales non seulement chez la scolopendre, mais encore chez l'arion, l'hélix, les reptiles, les mammifères.

Carnoy a représenté maintes fois, chez un grand nombre d'arthropodes, sur la partie médiane de ce fuseau, et à égale distance des deux noyaux-filles, des séries de grains, dont l'ensemble, portant le nom de plaque fusoriale, servira à constituer la partie centrale de la membrane cellulaire. La partie périphérique se forme d'après lui par le développement d'une plaque complétive très délicate, qu'il a aussi figurée bien souvent. Bien que j'aie vu quantité de fuseaux à cette période de leur régression, je n'y ai jamais observé qu'une seule fois une disposition rappelant la plaque fusoriale. C'est sur la fig. **35** que cet état est représenté. Je ne puis assurer qu'il s'agisse là d'une formation destinée à devenir une membrane cellulaire. Carnoy n'a d'ailleurs non plus vu de plaque fusoriale chez la *Scolopendra dalmatica*, p. 377. Notre observation sur la cytodiérèse des éléments séminaux de notre espèce vient ainsi coïncider avec celle de Carnoy.

Le fuseau se laisse suivre de part et d'autre dans l'épaisseur des deux cellules, où il se perd insensiblement, se confondant dans leur cytoplasme. La régression du fuseau se fait donc de telle sorte que c'est la partie moyenne qui persiste le plus longtemps. Un espace clair existe entre la membrane cellulaire, le fuseau, et le protoplasme de chaque cellule-fille. Cet espace est occupé par une substance grenue que Carnoy considère comme de l'enchylème granuleux. Flemming (Zellsubstanz... etc., fig. 21.) a représenté quelque chose dc semblable. Je n'ai jamais vu cet espace aussi régulier que Carnoy l'indique dans sa fig. 215.

Les cellules une fois séparées peuvent montrer une pointe telle que celle que Platner figure, (dernier travail fig. 7). Cette pointe est évidemment le résidu de la moitié du fuseau dévolue à chaque cellule-fille. Je l'ai vue plusieurs fois. Mais ce que je n'ai pas réussi à constater, c'est la transformation de ce résidu en un corps ayant la figure du Nebenkern. Dans la fig. **29**, qui représente une cellule à pointe fusoriale, on voit tout à côté le stade immédiatement précédent.

(1) Platner : Ueber die Entstehung des Nebenkerns, etc.

Quoi qu'il en soit, il semble que le fuseau puisse éprouver réellement une régression telle qu'il se coupe en deux, et que, chaque tronçon, visible encore sous forme d'une pointe striée et plus colorée à l'extrémité d'une cellule, finisse par se confondre dans le protoplasma. Les FIG. **38**, *a*, *b*, *c*, sont destinées à montrer que si l'on n'avait le soin d'examiner les différentes coupes sériées d'une métrocyte en division, on pourrait prendre pour la pointe fusoriale que je viens de décrire, tout autre chose. En effet, sur la coupe *a*, et aussi la coupe *b*, on voit que les parties polaires du fuseau sont vivement colorées par la safranine. Que maintenant dans une autre coupe, *c* par exemple, cette partie polaire vienne à être intéressée, on pourra croire avoir devant soi la partie équatoriale du fuseau adjacente à une cellule-fille, c'est-à-dire la pointe fusoriale, au lieu que c'est la partie polaire dont il s'agit.

Mais il y a sinon d'autres modes, du moins d'autres formes de régression.

On voit en particulier, ainsi que WIDERSPERG l'a indiqué (1) PL. I, FIG. 3, sur d'autres animaux, il est vrai, le fuseau se transformer en une substance hyaline, claire, qui forme une sorte de boyau s'étendant entre les deux cellules et reliant les deux espaces clairs (heller Hof) périnucléaires, soit au sein du protoplasma non encore divisé, soit en traversant un espace vide déjà formé par l'écartement des cellules. Peut-être le fuseau, pour devenir ce boyau hyalin, est-il frappé de gélification, et ses filaments gonflés, devenant coalescents, forment-ils une masse homogène, FIG. **21**?

Une autre disposition qu'il faut aussi mettre sur le compte d'une formation fusoriale régressive, est représentée par des filaments qui peuvent unir à distance les deux cellules, FIG. **23**. WIDERSPERG a signalé PL. I, FIG. 1 *d*, *c* ce fait, qui a été retrouvé ailleurs, sur des cellules végétales par exemple, (TANGL : Endosperme des Graminées). Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance que présente une telle constatation pour l'explication de dispositions anatomiques déjà connues. Telles celles que l'on observe dans la membrane épithéliale de DESCEMET, et bien ailleurs encore, et qui consistent, on le sait, dans les filaments ou ponts intercellulaires qui, à travers les espaces intercellulaires, unissent les cellules.

Enfin il me semble que les FIG. **25**, **26**, **27**, **28**, ne peuvent être expliquées que par des régressions du fuseau. La FIG. **25** montre deux moitiés

(1) WIDERSPERG. Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Samenkörper; Arch. f. mikr. Anat., Bd XXV, h. 1, 1885.

de fuseau reliées par une sorte de boule, située à égale distance du centre des deux cellules jumelles. Depuis la confection de mes planches, j'ai observé, avec la plus grande netteté, une tige d'union entre les deux cellules-filles. Cette tige portait en son milieu un renflement sous forme de grain arrondi; elles répétait ainsi la dispostion connue depuis longtemps dans ce que l'on appelle les ponts intercellulaires.

La FIG. **26** montre deux cellules reliées par une tige arrondie et annelée, ou plutôt fragmentée par des lignes légèrement obliques. Les cellules ne présentent rien de net dans leur structure; mais il est facile de voir par leur aspect foncé est très granuleux que peu de temps les sépare d'une cinèse, presque certainement sur son déclin. La FIG. **27** a trait à une disposition analogue. Ailleurs on trouve deux métrocytes-sœurs déjà parfaitement reconstituées, unies encore par une courte tige; mais celle-là n'est plus annelée FIG. **28**. A vrai dire, je ne peux faire dériver en toute sécurité ces formations anastomotiques du fuseau nucléaire, parce que des intermédiaires bien échelonnés m'ont manqué. Le seul intermédiaire que je puisse produire est celui que la FIG. **24** est destinée à montrer. Si l'on compare ce reste fusorial, que nous avons trouvé assez souvent, avec celui de la figure, on remarque une différence. Celui de la FIG. **29** a la forme de deux cônes opposés par leur sommet. Celui de la FIG. **24** est cylindrique ou à peu près. Il est évident que, par l'accentuation du premier état, se formeront deux cellules à pointe fusoriale. Par la réduction du deuxième, et peut être par torsion des filaments du fuseau les uns sur les autres donnant l'aspect sans doute d'une tige spiralée ou même annelée, se produiront des images telles que celles des FIG. **26** et **27**. Cette torsion est d'ailleurs naturelle ou artificielle. Puisqu'il s'agit de dissociations, on comprend que les deux cellules attachées ensemble aient pu, en tournant l'une sur l'autre en sens inverse, tordre leur pédicule commun. Mais cette disposition peut aussi être naturelle, sans qu'il soit possible d'expliquer clairement comment elle se produit. Plus tard cette tige d'union perdrait sa forme annelée. Ce sont là des faits qui ne sont pas propres aux cellules-mères de la scolopendre, en voie de division indirecte. On voit ailleurs, à une forme annelée en succéder une qui est lisse. La tête du spermatozoïde des geckos, par exemple, ainsi que j'aurai occasion de le dire, d'abord annelée, perd ensuite cette configuration et devient parfaitement lisse. DE LA VALETTE S^{t}-GEORGE, dans son travail sur la spermatogénèse de la blatte, reproduit, FIG. 58 à 65, des images très semblables à celles que je représente. Mais il ne donne pas de ces dessins d'explication détaillée.

En décrivant *divers modes* de régression du fuseau, nous avons voulu nous laisser guider uniquement par des faits. Nous croyons cependant que ce ne sont là que des *formes* régressives, et qu'au fond le fuseau rétrocède d'après un mode univoque.

Appliquant les faits que nous avons observés, tant sur le Nebenkern dans les cellules au repos, que sur les formes régressives du fuseau, à la recherche de l'origine du Nebenkern, que Platner a trouvée chez l'*Arion* et l'*Helix*(1), nous ne voyons pas le Nebenkern prendre directement naissance aux dépens de la pointe fusoriale. Nous admettons avec de la Valette St-George, que le fuseau contribue indirectement à la formation de ce corps. Le fuseau formerait dans la cellule un amas spécial de cytomicrosomes particuliers dont un certain nombre se différentieraient en corps spéciaux, filaments ou Nebenkern, soit arrondis soit polyédriques. Ces faits avaient été déjà vus en partie par Bütschli.

III.

PHÉNOMÈNES QUI MARQUENT LA DIFFÉRENTIATION DES CELLULES SPERMATIQUES EN SPERMATOZOÏDES.

Passons à présent à la description des quelques faits que nous avons pu constater, relativement à la transformation des cellules spermatiques (spermatides) en spermatozoïdes (spermatosomes). Cette transformation nous a paru obscure, et obscurément décrite aussi par Gilson.

Les transformations portent : 1° sur le protoplasme; 2° sur le noyau.

Les cellules spermatiques se présentent par groupes d'éléments de forme pyramidale, adossés les uns aux autres et produits simultanément par la division de deux métrocytes-sœurs accolées. Ces éléments ont un noyau très petit, très ramassé et par conséquent, coloré d'une façon intense. La chromatine se dispose bientôt au pourtour de la membrane nucléaire, affectant une même disposition que dans les »nématoblastes« des mammifères. Puis les fragments nucléiniens cessent tout à coup d'être visibles, grâce à un processus sur la marche exacte duquel les auteurs sont muets, et qu'ils qualifient seulement de liquéfaction ou de diffusion de la chromatine.

(1) Nous compléterons ces recherches par l'étude des g. *Helix*, *Arion*, où nous avons tenté, mais vainement jusqu'ici, de retrouver les faits observés par Platner.

Tel est l'état des cellules qui vont se transformer plus complétement tout à l'heure. Avant de voir ces transformations, disons que dans des cellules accolées, jeunes métrocytes sans doute, peu éloignées de l'époque où par division elles donneraient des cellules spermatiques, nous avons vu un arrangement remarquable du cytoplasme, FIG. **4** et **5**. Le réticulum cytoplasmique s'agence en lignes de grains; et, à un stade qui paraît consécutif à ce premier état, ces lignes se disposent d'une manière hélicoïde. Ces phénomènes se passent dans le prolongement volumineux et long de la métrocyte. Dans l'axe de ce prolongement existe un filament continu. Ce sont sans doute là, sans que nous osions l'affirmer catégoriquement, les débuts de la spire et du filament axile du spermatozoïde. Ainsi donc, ces cellules présentant tous les caractères des métrocytes, il y a lieu de parler d'une formation directe et anticipée du spermatozoïde aux dépens de cellules-mères et sans passer par les cellules-filles. Ces transformations que subit le cytoplasme de la métrocyte sont-elles stériles, et n'aboutissent-elles pas à la forme de spermatozoïde? C'est ce que nous ne pouvons dire. Nous rappellerons seulement que, d'après les recherches de BIONDI (1), il y aurait aussi, chez les mammifères, une formation directe de spermatozoïdes aux dépens de cellules-souches et sans passer par les phases subséquentes de cellules-mères et de cellules-filles. GILSON a vu dans ce mode de production des spermatozoïdes que nous considérons comme aberrant, l'un des processus normaux de la spermatogénèse chez le *Lithobius*, tandis que ce mode manquerait chez la *Scolopendra*. Nous n'avons pas trouvé, dans nos dissociations de lithobies les formes dessinées par GILSON, FIG. 10 à 13. Outre cela, nous considérons comme singulier que la scolopendre produise ses spermatozoïdes de la façon habituelle, tandis que la lithobie aurait une spermatogénèse, au moins le plus souvent, différente de celle de la scolopendre. WIELOWIEJSKI (2) a émis des doutes sur l'existence de ce processus décrit par GILSON, et suivant lequel se constitueraient des cellules multinucléées sans division cellulaire. Le protoplasme de chacun des prolongements de cette cellule subirait, d'après GILSON, des transformations aboutissant à la production d'autant de queues de spermatozoïdes. Ces faits avancés par GILSON n'ont rien cependant de surprenant; nous en connaissons de semblables réalisés par les cystes multinucléaires du testicule des mammifères. Cependant, il est vrai, et

(1) BIONDI : Die Entwickelung der Spermatozoïden; Arch. f. mik. Anat., Bd. XXV, H. 4, 1885).

(2) WIELOWIEJSKI. Observations sur la spermatogénèse des Arthropodes; Arch. Slaves de Biologie, t. II, f. 2.

Wielowiejski le fait remarquer (p. 30 et 31), cette segmentation n'est souvent qu'apparente, et parfois, après avoir méconnu l'existence de limites cellulaires on parvient avec plus d'attention à les reconnaître.

Les cellules spermatiques se différentient d'abord par accroissement en longueur de leur protoplasma, qui devient en même temps plus clair. Il s'imbibe d'eau, il est moins granuleux; il se déforme facilement, et çà et là le long ruban cytoplasmique de la cellule spermatique se contracte, ou se boursouffle, de sorte que l'aspect qu'il présente n'est pas éloigné de celui que montrent souvent les tubes nerveux à myéline. Quelques vacuoles paraissent dans ce protoplasma. Un filament axile règne sur toute sa longueur. FIG. 40.

Les cellules pyramidales, qui semblent représenter la forme la plus jeune des cellules spermatiques, que la division récente des métrocytes vient de reconstituer, possèdent un noyau que nous avons décrit. Lorsque la cellule s'est allongée, que son cytoplasme a subi les modifications indiquées plus haut, le noyau de la cellule (sur des dissociations faites à l'aide de l'acide osmique) se montre clair, homogène, et s'est rapproché de l'extrémité antérieure de la cellule, au point de ne se trouver plus séparé de l'extérieur que par une mince bande de cytoplasme plus claire encore ici que partout ailleurs.

Les faits avancés par Gilson sur la différentiation ultérieure de cette cellule sont en partie ceux que nous avons vus. Ainsi nous acceptons volontiers les FIG. 788, 789, 794, 795, 896, pour ce qui concerne la production d'une plaquette au pôle postérieur du noyau. Cette plaquette se montre après l'action du liquide de Ripart et du vert de méthyle, colorée en vert. Après l'action de l'acide osmique on ne la voit pas. Ou bien elle ne se trouve représentée que par une simple ligne, nette, continue ou moniliforme, sur laquelle et en son milieu paraît un grain plus gros que les autres, un bouton, le bouton caudal, FIG. 40.

Quant aux vacuoles que Gilson trouve dans le noyau, nous ne les avons pas vues et, nous sommes tenté de les regarder comme une formation artificielle. Gilson, quand il s'agit d'expliquer la situation de ces vacuoles, se montre fort embarrassé; il les considère comme développées dans le noyau; mais pour l'une d'entre elles il fait exception, et la regarde comme d'origine cytoplasmique : c'est celle qui termine l'extrémité antérieure du noyau. Nous n'avons vu, et encore pas toujours, qu'une seule vacuole, développée dans le cytoplasme plus pâle qui sépare de l'extérieur l'extrémité antérieure

du noyau, FIG. **41**. Nous ignorons la signification de cette vacuole : nous remarquons seulement que cette vacuole n'en est pas absolument une, qu'elle est simplement, dans le protoplasme déjà clair de cette région, une partie plus claire encore. En cet état elle rappelle une formation pareille que l'on trouve dans les nématoblastes du rat.

Après l'action de la liqueur de RIPART, FIG. **43**, on trouve le plus souvent trois portions dans la tête du spermatozoïde : une postérieure, hémisphérique, non colorée par la safranine ou l'hématoxyline de DELAFIELD; une moyenne en forme de tronc de cône, colorée par le réactif, et renfermant un grain axial; une antérieure pâle, FIG. **43**,2, qui peut elle-même être découpée en deux ou trois portions superposées, et qui alors paraît annelée, FIG. **43**,1. Sur des spermatozoïdes plus avancés en développement, la partie postérieure est en partie détruite, et persiste seulement en forme de collerette, autour du filament axile. La moyenne est allongée considérablement; l'antérieure, qui serait assimilable à une Kopfkappe, a disparu, FIG. **43**,3.

Sur des cellules spermatiques traitées par l'acide osmique, on voit dans le cytoplasme, et principalement vers l'extrémité antérieure de ce cytoplasme, de 4 à 6 petits corps brillants et arrondis, dont l'un viendrait, semble-t-il, se placer au pôle antérieur de la tête pour y former un »bouton de la pointe« (Spitzenknopf). Cette origine cytoplasmique du Spitzenknopf serait en accord avec les données de MERKEL (1).

Nous n'avons rien vu sur le développement du filament caudal. En tout cas nous ne l'avons jamais trouvé enroulé dans le corps protoplasmique du spermatozoïde, aussi que le figure GILSON, FIG. 791 et 795.

Le spermatozoïde adulte, ou à peu près, sinon mûr, que l'on trouve dans les cæcums testiculaires postérieurs de la scolopendre, parait nettement polymorphe. Ajoutons tout de suite que cette apparence de polymorphie n'est peut être due qu'à la présence de stades divers de la maturité des spermatozoïdes, et que si, comme le conseille WALDEYER (2), on recherchait dans les voies génitales de la femelle les spermatozoïdes, on les trouverait peut être homéomorphes, et ayant acquis à l'état de complète maturité un tout autre aspect.

En tout cas, les spermatozoïdes, pris dans un même cæcum à la partie postérieure de l'animal, sont de taille variable. La tête spiralée varie de lon-

(1) MERKEL : Untersuchungen aus dem Anat. Inst. zu Rostock. 1874.

(2) WALDEYER : Bau und Entwickelung der Samenfäden; Sonder-Abdrück aus dem Anat. Anzeiger, 1887, n° 12.

gueur, quelquefois elle est extrêment longue. Elle se rattache au corps du spermatozoïde soit directement, soit par un Mittelstück rétréci et plus ou moins long (cette longueur varie de 1 à 20). A la suite du corps ou queue, qui est démesurément long, on trouve un filament assez court, plus étroit, un fouet terminal, FIG. **45** *a* et *b*.

Il semble donc que, comme l'a dit JENSEN(1), il y ait ici alternativement des parties pourvues d'enveloppe, épaisses par conséquent, et des parties minces, parcequ'elles en sont privées. Ce seraient, pour la scolopendre :

1° La tête à enveloppe spiralée;

2° La pièce intermédiaire, sans enveloppe;

3° Le corps ou queue, à enveloppe lisse;

4° Le fouet terminal, sans enveloppe.

Nous terminerons, en signalant les FIG. **46** *a*, *b*, *c*, *d*, qui ont trait à la formation de l'enveloppe spiralée, chez le *Lithobius*, et aux apparences que présente le ruban protoplasmique caudal du spermatozoïde, priant de les comparer à celle que donne GILSON, et qui en diffèrent passablement.

IV.

CONCLUSIONS.

Les conclusions principales, auxquelles je crois être conduit à juste titre par l'observation des faits qui précèdent, sont les suivantes :

Il paraît y avoir dans les métrocytes (spermatogonies et spermatocytes) de la *Scolopendra morsitans* en voie de caryocinèse des dispositions passablement aberrantes du *schéma* classique, ainsi que CARNOY et FLEMMING l'ont déjà constaté ailleurs, non seulement pour des cellules séminales, mais encore pour d'autres cellules, les globules polaires des nématodes par exemple.

Les formations ayant la figure de Nebenkern ne dérivent pas, au moins directement, d'un reste fusorial.

(1) JENSEN : Die Structur der Samenfäden. Bergen, 1879.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

Gilson : Étude comparée de la spermatogénèse chez les arthropodes; *La Cellule*, t. I, f. 1, 1884.

Carnoy : *a*) La Cytodiérèse chez les arthropodes; la Cellule, t. I, f. 2, 1885.

b) La Cytodiérèse de l'œuf; la Cellule, t. III, f. 1, 1886.

c) Les Globules polaires de l'*Ascaris clavata*; la Cellule, t. III. f. 2, 1887.

Leydig : *a*) Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Thiere; Bonn, 1883.

b) Zelle und Gewebe, 1885.

O. Bütschli : *a*) Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung; Zeitschrift für wiss. Zoologie, 1875.

b) Studien über die ersten Entwickelungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien; Ibid, 1876.

La Valette St-George : *a*) Spermatologische Beiträge; Archiv f. mikr. Anat., Bd. XXVII, H. 2.

b) Ueber die Genese der Samenkörper; III Mittheilung; Arch. für mikr. Anat.. Bd. X, 1874.

c) Zelltheilung und Samenbildung bei Forficula auricularia; Köllikers Festschrift, 1887.

Platner : *a*) Ueber die Spermatogenese bei den Pulmonaten; Archiv für mikr. Anat., Bd. XXV, H. 4.

b) Ueber die Enstehung des Nebenkerns und seine Beziehung zur Kerntheilung; Archiv für mikr. Anat. Bd. XXVI, H. 3.

c) Zur Bildung der Geschlechtsprodukte bei den Pulmonaten; Arch. für mikr. Anat., Bd. XXVI, H. 4.

d) Ueber die Befruchtung bei Arion empiricorum; Archiv für mikr. Anat., Bd. XXVII, H. 1.

e) Die Karyokinese bei den Lepidopteren als Grundlage für eine Theorie der Zelltheilung; Intern. Monatsschrift; Bd. III, 1886.

Pfitzner : Beiträge zur Lehre von Bau des Zellkernes; Archiv für mikr. Anat., 1883, t. XXII.

Flemming : *a*) Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. Leipzig, 1882.
b) Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle; Arch. für mikr. Anat. Bd. XXIX, H. 3.

Heuser : Beobachtungen über Zellkerntheilung; Bot. Centralblatt, 1884, nos 1—5.

Strasbürger : Die Controversen der indirecten Kerntheilung; Archiv. für mikr. Anat. Bd. XXIII, 1884.

Widersperg : Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Samenkörper; Arch. für mikr. Anat. Bd. XXV, H. 1, 1885.

Biondi : Die Entwickelung der Spermatozoïden; Archiv für mikr. Anat. B. XXV, H. 4. 1885.

Wielowiejski : Observations sur la spermatogénèse des arthropodes. Arch. slaves de Biologie, t. II, f. 2.

Waldeyer : Bau und Entwickelung der Samenfäden; Sonder-Abdrück aus dem Anat. Anzeiger. 1887, no 12.

Merkel : Unters. aus dem Anat. Inst. zu Rostock. 1874.

Jensen : Die Structur der Samenfäden. Bergen, 1879.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

FIG **1**. Métrocyte au repos; nucléole-noyau; réticulum caryoplasmique. (Ripart, safranine. Vérick : 2-9.)

FIG. **2**. Métrocytes-sœurs au repos; réticulum; Nebenkern de la cellule supérieure encore incomplètement individualisé; celui de la cellule inférieure l'est d'une façon complète. (Ripart osm., 2 jours. Vérick : 2-9.)

FIG. **3**. Métrocytes-sœurs, chacune avec un Nebenkern parfaitement constitué et dans une position spéciale par rapport au plan de séparation des deux cellules; membrane nucléaire. (Ripart, dissoc., Vérick : 2-9.)

FIG. **4**. Métrocyte dont le prolongement présente un agencement en hélice du réticulum cytoplasmique; réticulum caryoplasmique; membrane nucléaire. (Ac. nitrique à 3/100, dissoc., vert de méthyle. Vérick : 2-9.)

FIG. **5**. Métrocytes-sœurs; dans la supérieure, agencement des grains du cytoplasme en une double file longitudinale; dans l'inférieure, ces files de grains ont formé une hélice dans l'axe de laquelle existe un filament. (Mêmes trait. et gross. que pour la FIG. **4**.)

FIG. **6**. Métrocyte au repos; filaments différenciés du cytoplasme encore en continuité avec les filaments non différenciés; ils représentent les débuts du nebenkern. (Ac. osmique, 15 heures, dissoc.. Vérick : 2-9.)

FIG. **7**. Métrocyte à deux noyaux, sans trace de séparation cellulaire. De l'un des noyaux à l'autre s'étend une traînée de filaments cytoplasmiques différenciés, qui deviendront plus tard les Nebenkern des deux cellules.

FIG. **8**. Métrocytes jumelles; dans chacune se trouve un corps homogène, sombre, contourné, le Nebenkern, paraissant avoir été en connexion avec son homologue, situé dans la cellule-sœur, par le filament qui s'étend encore de l'une à l'autre cellule. Ces Nebenkern paraissent aussi en connexion avec la membrane nucléaire. (Ripart osm., 2 jours, dissoc.. Vérick : 2-9.)

FIG. **9**. Métrocytes jumelles; dans chacune se voit un Nebenkern homogène, occupant vis à vis du plan de séparation des deux cellules une situation symétrique par rapport à celle de son homologue. (Mêmes trait. et gross. que pour la FIG. **8**.)

FIG. **10**. Métrocytes-sœurs, que relie une traînée de grains cytoplasmiques, qui sont peut-être en rapport avec le développement du Nebenkern. (Mêmes trait. et gross.)

FIG. **11** Métrocytes-sœurs; Nebenkern commun, à quatre lobes, dont deux appartiennent à chaque cellule; l'un des lobes est en rapport avec le nucléole de cette cellule. (Ripart osm , 1 jour. Vérick : 2-9.)

FIG. **12.** En *a*, réticulum nucléaire, sans agencement déterminé; en *b*, arrangement des travées de ce réticulum suivant une direction qui est celle de l'axe même du noyau; c'est un début de fuseau; la membrane nucléaire est encore présente sur les deux cellules, sauf à la partie supérieure de la cellule *a*. (Ripart osm., safr.. Vérick : 2-9.)

FIG. **13**. Fuseau axile; le réticulum nucléaire a persisté tout autour de ce fuseau central, sans éprouver de transformation. (Mêmes trait. et gross..)

FIG. **14**. *a* et *b*, deux coupes microtomiques d'une métrocyte en division, à la phase de dispirem; le fuseau nucléaire, malgré le stade avancé de cette caryocinèse, est encore à l'état réticulé. (Ripart osm., hémat. Del.. Vérick : 2-12 homog..)

FIG. **15**. *a*, *b*, *c*, trois coupes microtomiques, montrant que le fuseau n'est parfait, c'est-à-dire constitué de filaments exclusivement longitudinaux, qu'à droite, et que c'est dans cette région qu'on trouve précisément la chromatine. A gauche, il est moins bien délimité (bien que le fuseau soit coupé suivant son axe), et se présente dans l'état réticulé. (Ac. nitrique, safr.. Vérick : 2-9.)

FIG. **16**. Plaque équatoriale avec son réticulum; les grains chromatiques ne sont pas encore rassemblés à la périphérie du noyau. (Liq. Flemming, safr.. Vérick : 1-12 homog..)

FIG. **17**. Même objet; continuité du réticulum de la plaque équatoriale avec le réticulum cytoplasmique (Ac. nitrique, safr.. Vérick : 2-9.)

FIG. **18**. Stade de dispirem. Les deux cellules-filles, déjà séparées presque complètement, sont encore réunies par le fuseau en voie de régression. (Ripart osm., hem. Del.. Vérick : 2-12 homog..)

FIG. **19**. Stade de dispirem. La coupe n'a pas passé exactement par l'axe du fuseau, et la séparation des deux cellules se voit même au niveau de ce fuseau, au dessus de lui.

FIG. **20**. Même disposition, plus accentuée. (Ripart osm., 2 jours. Verick : 2-9.)

FIG. **21**. Reste fusorial transformé en une sorte de boyau homogène, unissant les deux cellules-filles complètement séparées l'une de l'autre. (Ripart osm., hem.; Del.. Vérick : 2-12 homog..)

FIG. **22**. Filaments unissant les deux cellules-filles, dont la séparation est complète; ces filaments sont un reste évident du fuseau.

FIG. **23**. Trois cellules adhérentes ensemble, celle de gauche à celle du milieu par des filaments intercellulaires sans doute produits par l'exagération de la disposition représentée dans la figure précédente. Un reste fusorial cylindrique réduit relie la cellule médiane à celle de droite. (Sublimé, carmin aluné. Vérick : 1-12.)

FIG. **24**. Reste fusorial à peu près cylindrique, unissant les deux cellules-filles déjà séparées. (Flemming, bleu d'Ehrlich, éosine. Vérick : 2-9.)

FIG. **25**. Reste fusorial. (Mêmes trait. et gross..)

FIG. **26**. Cellules-sœurs réunies par une tige annelée, dérivant sans doute d'un reste fusorial cylindrique. (Ripart, 1 jour, dissoc., Vérick : 2-9.)

FIG. **27**. Même disposition. (Mêmes trait. et gross..)

FIG. **28**. Tige non annelée réunissant deux métrocytes-sœurs. (Mêmes trait. et gross..)

FIG. **29**. Groupe de cellules. Les deux supérieures sont unies encore par un reste fusorial biconique. La cellule inférieure est une cellule séparée de sa sœur, et ayant emporté avec elle la moitié correspondante du reste fusorial. (Ripart osm.. safr.. Vérick : 2-9.)

FIG. **30**. Chromatine diffuse le long des filaments du fuseau; çà et là, cette chromatine se rencontre en fragments. Au niveau de l'équateur et à la partie supérieure, se voit un corps achromatique, que l'éosine colorait en rose. (Liq. Flemming, bleu d'Ehrlich, éosine. Vérick : 2—9.)

FIG. **31**. État diffus de la chromatine, plus accentué encore que dans la figure précédente, et correspondant peut-être à une phase antérieure. (Ripart osm., dissoc.. Vérick : 2-9.)

FIG. **32**. Fuseau grêle, n'occupant pas toute l'étendue du noyau, qui est marquée par une plage colorée en rose plus vif que le protoplasma. (Liq. Flemming, bleu d'Ehrlich, éosine. Vérick : 2-9.)

FIG. **33**. Fuseau discontinu, interrompu par une substance réticulée, au niveau de l'équateur. (Liq. Ripart, éos.. Vérick : 1-12 homog..)

FIG. **34**. Nucléole-noyau? à un stade où le fuseau est parfaitement constitué. (Liq. Ripart osm.. Vérick : 2-9.)

FIG. **35**. Reste fusorial, avec plaque cellulaire? (Liq. Flemming, bleu d'Ehrlich, éosine. Vérick : 1-12 homog..)

PLANCHE II.

FIG. **36**. Caryocinèse montrant la forme des segments chromatiques, la continuité des filaments du fuseau, la situation des asters, dont le gauche a son centre à quelque distance du pôle fusorial. (Ripart osm., hem. Del.. Vérick : 1-12 homog..)

FIG. **37**. Aster vu de face; continuité de ses filaments avec le réticulum cytoplasmique. (Ripart osm., safr.. Vérick : 2-9.)

FIG. **38**. Coupes microtomiques, *a*, *b*, *c*, d'une figure cinétique, pour montrer que les parties polaires du fuseau peuvent se colorer, et qu'une coupe, (comme la coupe *c*) n'intéressant qu'une de ces parties polaires, peut en imposer pour une pointe fusoriale. (Sublimé, safr.. Vérick : 1-12 homog..)

FIG. **39**. Groupes de cellules spermatiques, dont chacune offre un certain nombre de petits corps brillants et arrondis, surtout disposés au voisinage du noyau. (Ac. osm., 15 heures. Vérick : 2-9.)

FIG. **40**. Cellules spermatiques déjà avancées dans leur développement; bouton caudal, et série de grains formant la base du noyau. (Mêmes trait. et gross..)

FIG. **47**. Dans la bande de protoplasma, qui sépare encore la partie antérieure du noyau de l'extérieur s'est développé un corps arrondi, d'apparence vacuolaire, qui a la situation et l'aspect d'une Kopfkappe. (Ac. osm.. Vérick : 2-9.)

FIG. **42**. Un des corps brillants, qui se trouvaient dans les cellules spermatiques de la FIG. **39**, est logé à l'extrémité antérieure du noyau; il y offre l'aspect d'un Spitzenknopf. (Ac. osmique, 1 heure. Vérick : 2-12.)

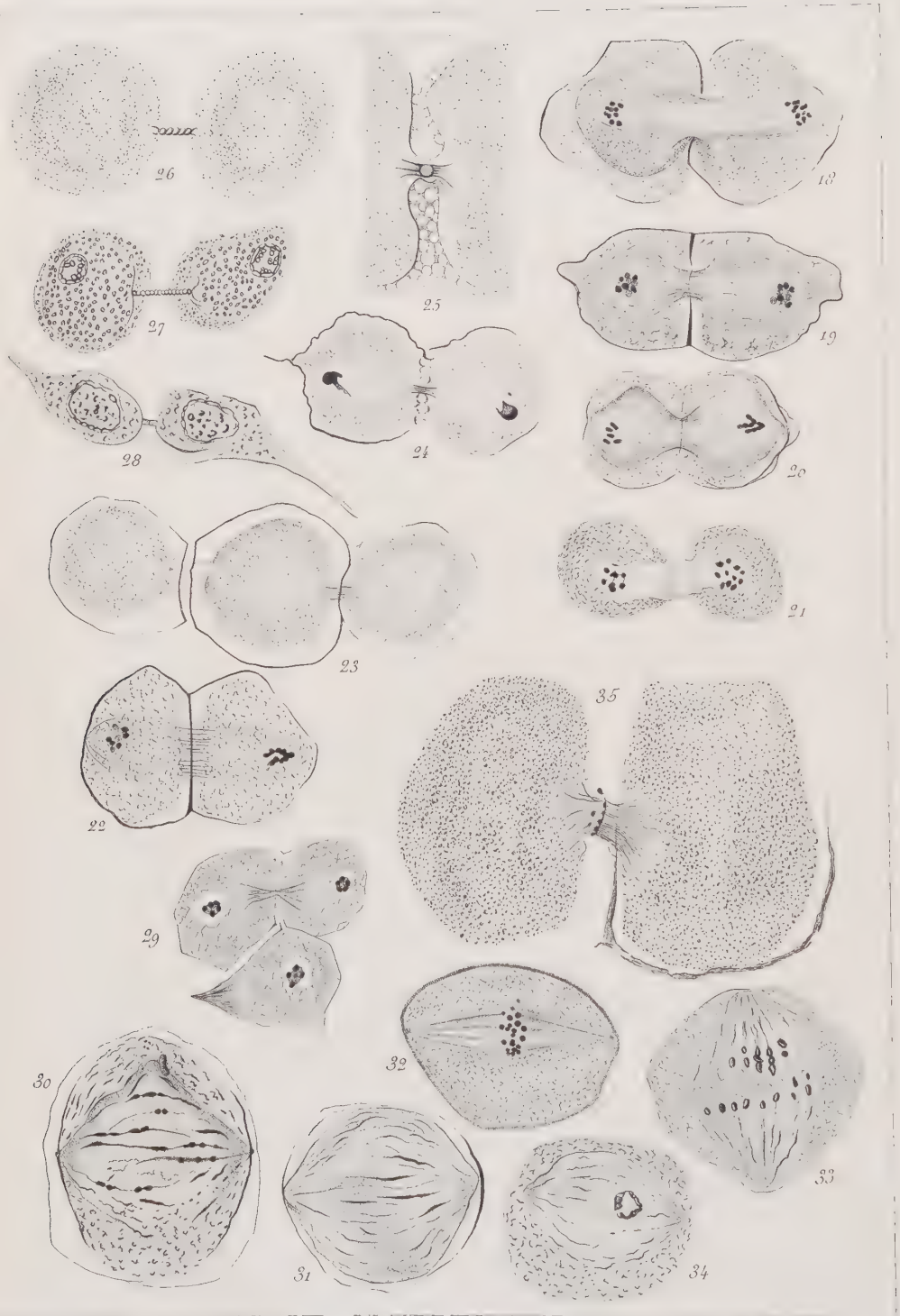
FIG. **43**. 1, 2, 3, état dans lequel se présentent des cellules spermatiques, après traitement par la liqueur Ripart osmiquée, et coloration par l'hématoxyline Delafield; la bande moyenne de la FIG. 2 devriendra seule la tête. (Vérick : 1-12 homog..)

FIG. **44**. Ac. osmique; Vérick : 2-9,

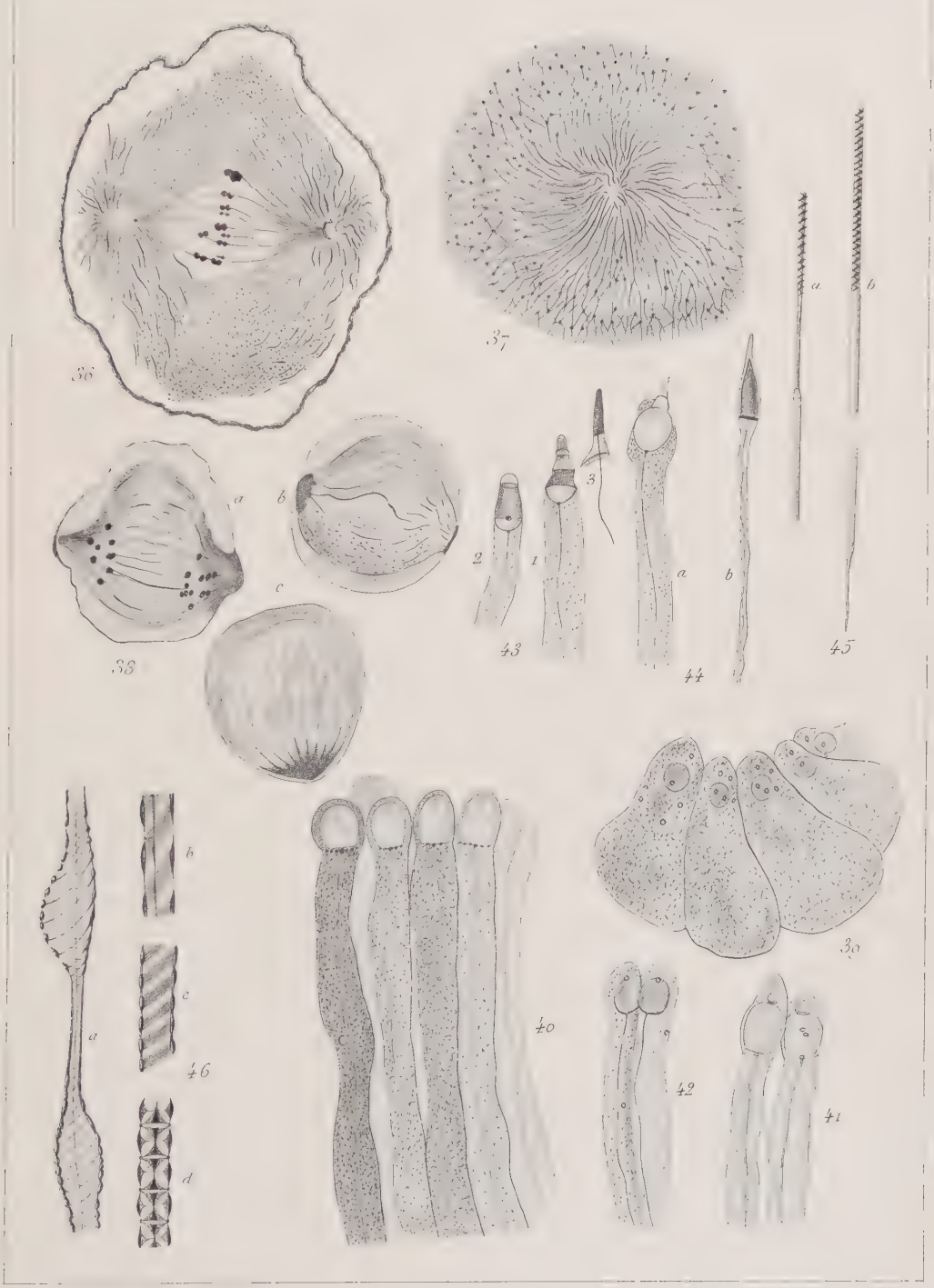
FIG. **45**. Spermatozoïdes adultes. (Ac. osm. 1 heure. Vérick : 1-12 homog..) En *a*, on trouve, de haut en bas : la tête spiralée, un Mittelstück rétréci, le corps du spermatozoïde ou queue. En *b*, on voit, de haut en bas : la tête spiralée, le corps, sans interposition de Mittelstück entre lui et la tête, l'extrémité postérieure du corps séparée de l'antérieure, et le filament caudal.

FIG. **46**. *Lithobius*. Développement de la spirale du corps du spermatozoïde. (Ac. osm., 1 heure. Vérick : 1-12 homog..)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
a
12
b
13
16
b
a
b
14
c
15
a
17



J.s Van Aken, scul.



Lith. Dumont.

I.s Van Aken sculp.

ÉTUDES

SUR LA

COAGULATION

DU SANG

dans un cas de Purpura avec diminution considérable des Plaquettes

PAR

le Dr J. DENYS

PROFESSEUR D'ANATOMIE PATHOLOGIQUE A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

ÉTUDES

SUR LA

COAGULATION DU SANG

C'est Hayem (1) qui, en 1878, reconnut le premier la véritable nature des granulations de Zimmerman dans le sang. Il démontra que, si l'on opère avec une rapidité suffisante, ou avec des réactifs fixateurs énergiques, tels que l'acide osmique, ces granulations se présentent chez les mammifères sous la forme de petits disques sans noyau, et chez les autres vertébrés sous celle de cellules fusiformes.

Peu de temps après, Bizzozero (2) démontra l'existence de ces éléments dans le sang en circulation et en donna une bonne description. Hayem les avait appelés hématoblastes, parce qu'il les considérait comme des globules rouges embryonnaires, mais cette opinion fut combattue à juste titre, déjà par Bizzozero qui proposa de les désigner sous le nom de plaquettes, désignation qui ne préjugeait en aucune façon de leur rôle, et qui fut rapidement adoptée.

Les années suivantes virent apparaître plusieurs travaux dirigés contre la préexistence dans le sang de ce troisième élément. D'après leurs auteurs, Löwit (3) entre autres, les plaquettes devaient être considérées comme un produit pathologique résultant de troubles divers de la circulation. Mais Schimmelbusch (4), en se plaçant dans des conditions d'observation beaucoup plus favorables que ses devanciers, n'eut pas de peine à mettre cette assertion complétement à néant, et aujourd'hui la préexistence des plaquettes est un fait définitivement acquis à la science.

Si l'existence des plaquettes a été l'objet de bien des controverses, il

(1) Hayem : Arch. de phys. norm. et path., 2me série, T. V, 1878.

(2) Bizzozero : Centralblatt f. die med. Wissensch., 1882. Ueber einen neuen Formbestandtheil des Blutes und dessen Rolle bei der Thrombos und Blutgerinnung; Virch. Arch., B. XC.

(3) Löwit : Beiträge zur Lehre von der Blutgerinnung, Zweite Mittheil ; Sitzungsber. der k. med. Acad. der Wissensch., B. 89, III Abth., 1884.

(4) Schimmelbusch : Die Blutplättchen und die Blutgerinnung; Virch. Arch., B. CI, 1885.

n'en a pas été moins de leurs fonctions. Non seulement Hayem les regardait comme de jeunes hématies en formation, mais encore comme les facteurs de la coagulation. Il leur rapporta en conséquence le rôle que, d'après A. Schmidt, on s'accordait à faire jouer aux globules blancs. Cette opinion fut partagée et développée davantage par Bizzozero(1). Le professeur de Turin fit d'abord remarquer que l'on ne peut jamais, dans les préparations microscopiques du sang, constater la désagrégation d'un leucocyte, même en opérant avec toute la célérité possible. Cette destruction, si elle existe, doit donc se passer entièrement dans le court intervalle de temps qui s'écoule entre le moment où le sang sort des vaisseaux et celui où l'examen microscopique devient praticable. Or, lorsqu'on fait la numération des globules blancs dans le sang en circulation, et que l'on répète l'opération sur du sang obtenu par une piqûre, on ne constate entre les deux chiffres qu'un léger écart explicable par le fait que les globules blancs sortent plus difficilement des vaisseaux. On ne peut donc admettre que la coagulation soit précédée d'une vaste destruction de leucocytes.

Bizzozero s'efforça ensuite de démontrer directement l'intervention des plaquettes dans la coagulation. Dans ce but, il fit plusieurs expériences dont nous rapportons la principale. Lorsqu'on bat du sang de chien pendant une minute au moyen de fils, ceux-ci se recouvrent d'une grande quantité de plaquettes englobant un petit nombre de globules rouges et blancs. Si alors on les porte ainsi chargés dans le liquide proplastique d'A. Schmidt, on voit celui-ci se coaguler. Le phénomène n'est pas dû aux fils agissant comme corps étranger, car sans le battage ils sont inactifs. Il n'est pas dû aux globules rouges, car il manque complétement ou est à peine marqué quand on ajoute au liquide du sang défibriné en quantité même plus grande qu'il s'en trouve sur les fils chargés de plaquettes. Enfin, il ne peut pas être attribué davantage aux globules blancs, car des fragments de rate et de ganglions lymphatiques conservent au liquide proplastique sa fluidité. Il faut donc bien en conclure que les plaquettes sont les agents de la coagulation.

Lavdowsky (2) adopta la manière de voir de Bizzozero. Mais l'école de Dorpat ne se tint pas pour battue. Heyl (3) faisant la numération des leucocytes chez le cheval, avant et après le battage, trouva qu'ils avaient disparu dans la proportion énorme de 70 o/o. D'un autre côté, Rauschen-

(1) Bizzozero : Arch. Ital. de Biol., t. I, p. 3.

(2) Ladowsky : Jahresbericht von Schwalbe und Hoffmann, 1883.

(3) Heyl : Zählungsresultate betreffend die farblosen und die rothen Blutkörperchen. Diss., Dorpat, 1882.

BACH (1) répéta les expériences de BIZZOZERO avec les fragments de rate et de ganglions lymphatiques. Il constata qu'effectivement ces tissus, à l'état frais et vivant, n'exercent aucune action sur le liquide proplastique, mais qu'après avoir été tués, à l'aide de la chaleur par exemple, ils déterminent sa coagulation.

Malgré ces nouvelles expériences, la destruction d'un certain nombre de globules blancs ne fut pas encore admise par tout le monde. LAKER (2) la combattit vivement, et SCHIMMELBUSCH (4), malgré les conditions variables dans lesquelles il se plaça, ne put jamais rien constater qui ressemblât à la destruction en masse des globules blancs, invoquée par SCHMIDT et ses partisans. LÖWIT(5) se rangea également à l'opinion de BIZZOZERO pour ce qui regarde la lymphe.

Dans les lignes suivantes, nous exposons les observations que nous avons faites dans un cas de *Purpura* avec diminution énorme des plaquettes. Ce cas nous a semblé intéressant à étudier, non seulement au point de vue anatomo-pathologique, puisque c'est, pour autant que nous sachions, la première observation de ce genre qui ait été faite, mais aussi au point de vue du rôle présumé de ces éléments.

Pour rechercher les plaquettes, nous avons observé le sang tant à frais qu'au moyen de réactifs.

Dans le premier cas, une gouttelette fournie par une piqûre est recueillie sans intermédiaire sur le verre-à-couvrir, et celui-ci retourné sur le porte-objets. Nous laissons alors le sang s'étaler en couche mince sous la pression du petit verre, de façon à obtenir des préparation présentant entre les piles de globules rouges, le plus d'espace vide possible. Ajoutons que nous opérions avec célérité, que nous pratiquions une nouvelle piqûre pour chaque goutte, et que, dans la recherche des plaquettes, notre attention était surtout dirigée sur la région où la goutte avait été déposée, et où, comme l'on sait, ces éléments s'accumulent de préférence. Nous n'ignorons pas qu'un certain nombre d'entre eux restent cachés par les globules rouges et blancs, et se dérobent ainsi à l'observation; mais cette proportion

(1) RAUSCHENBACH : Ueber die Wechselwirkungen zwischen Protoplasma und Blutplasma. Inaug. Diss , DORPAT, 1882.

(1) LAKER : Studien über die Blutscheiben und den angeblichen Zerfall der weissen Blutkörperchen bei der Blutgerinnung; Sitzber. der k. Akad. d. W. zu Wien, B. 86, III. Abth..

(2) SCHIMMELBUSCH : Loc. cit..

(3) LÖWIT : Beiträge zur Lehre von der Blutgerinnung; Sitzber. d. k. Akad. d. W. zu Wien; B. 89, III. Abth., 1884.

est minime. On peut du reste obvier à cet inconvénient, comme nous l'avons fait généralement, en faisant passer sous le couvre-objets une solution de violet de méthyle dans l'eau distillée. Sous l'action de ce réactif, les globules rouges se décolorent et se transforment en sacs à peine visibles, et les plaquettes se colorent énergiquement en violet, ainsi que Bizzozero l'a trouvé le premier. De la sorte, elles deviennent toutes parfaitement visibles.

Comme réactif fixateur, nous avons employé l'acide osmique à 1 o/o; c'est de l'avis de tous ceux qui, à partir de Hayem, se sont occupés de la question, le meilleur des fixateurs pour les plaquettes. Une goutte de cette solution est déposée sur la peau, et la piqûre faite à travers elle. Comme nos recherches portaient sur des éléments très petits, elles ont été faites au moyen de l'objectif à immersion dans l'eau J et de l'oculaire 3 de Zeiss.

Mayet (1) a décrit pour l'observation des plaquettes un procédé spécial, mais que nous ne pouvons adopter. Dans le but d'obtenir une couche très mince, où les plaquettes ne soient pas cachées par les autres éléments du sang, il presse sur le couvre-objets au moyen d'un bouchon, de façon à étaler le sang en couche très mince. D'après cet auteur, on réussit alors à trouver facilement les plaquettes, et en quantité plus considérable que par les autres procédés. Nous avons essayé cette méthode, mais nous nous sommes vite convaincu qu'on écrase ainsi un grand nombre de globules rouges. Sous la pression du bouchon, l'hémoglobine s'échappe par une déchirure de la membrane; celle-ci, revenant sur elle-même, figure un petit corpuscule incolore, du volume d'une plaquette, et présentant assez bien de ressemblance avec cette dernière. Ce sont ces corps que Mayet doit avoir eus en vue quand il écrit, à l'encontre de tous les auteurs, que les plaquettes ne sont pas si altérables qu'on veut bien le dire, et qu'un certain nombre d'entre elles se maintiennent longtemps sans subir d'altération. Ce qui prouve que ces vésicules dérivent des globules rouges, c'est qu'on ne les rencontre pas dans les préparations faites sans compression, et qu'on peut les faire naître à volonté en appuyant sur le couvre-objets avec la pointe d'une aiguille. Elles nagent du reste toujours dans un sérum coloré en jaune, ce qui se comprend facilement, étant donnée leur origine.

Les discussions qui régnaient, à l'époque où nous avons commencé nos observations, sur le rôle qui revient aux plaquettes dans la coagulation du sang, nous ont naturellement amené à étudier ce phénomène chez notre

(1) Mayet : Arch. de pathologie norm. et pathologie, 2me série, 1882.

malade. Deux points devaient fixer notre attention : 1° la rapidité de la coagulation, 2° la quantité de fibrine produite.

Pour résoudre le premier point, nous avons tâché de fixer le moment où le réseau fibrineux commençait à se dessiner nettement dans le plasma d'une préparation suffisamment mince. Nous avons également eu recours vers la fin de nos observations au procédé de Vierordt (1), qui consiste à recueillir le sang dans un tube étroit et à noter l'instant où un crin de cheval, tiré lentement à travers la colonne liquide, commence à se couvrir de coagulums.

Pour apprécier la quantité de fibrine, nous avons comparé des préparations provenant de notre malade avec des préparations provenant de personnes saines, faites dans des circonstances identiques et ayant la même épaisseur. On parvient facilement à remplir cette dernière condition, en étalant préalablement les diverses séries de préparations sur une feuille de papier blanc, et en choisissant, pour les comparer entre elles, celles qui présentent la même intensité de coloration. Il va sans dire que ce procédé présuppose une richesse en hémoglobine égale dans les divers sangs. Or, comme nous le verrons plus loin, cette condition se trouvait suffisamment réalisée dans le cas qui nous occupe. On peut aussi examiner la fibrine après coloration. Dans ce but, on soulève aussi délicatement que possible le couvre-objets, on lave à l'eau distillée pour débarrasser le réseau des globules rouges, et on colore au moyen d'une aniline. On a reproché à ce procédé de donner des préparations imparfaites. L'observation est juste jusqu'à un certain point, mais en opérant avec précaution, et surtout en multipliant les préparations, on arrive à avoir des objets d'étude très satisfaisants.

Ces remarques faites, rapportons les points intéressants de l'histoire de notre malade.

Marie D. P., agée de 40 ans, ménagère, mariée et mère de plusieurs enfants, n'a jamais fait de maladie sérieuse. Ni dans sa famille, ni dans sa vie antérieure, il ne s'est manifesté de disposition spéciale aux hémorrhagies. Elle n'a eu à souffrir ni de la misère ni de travaux pénibles. Elle habite une petite maison saine.

Il y a 3 semaines, il s'est produit sur tout son corps, mais particulièrement sur les membres inférieurs, une éruption de petites taches hémorrhagiques, accompagnée d'une légère perte de sang par le nez. Depuis lors, de

(1) C. H. Vierordt : Arch. f. Heilk. XIX, p. 193, 1878.

nouvelles tâches ont apparu par poussées successives. Au début il y avait un peu de fièvre, de la courbature et de l'inappétence. Mais depuis une semaine ces symptômes généraux ont disparu.

État présent, 29 février 1884 (1). Femme bien constituée; nutrition satisfaisante; légère anémie des muqueuses. Les membres inférieurs sont parsemés d'un nombre considérable de petites taches ecchymotiques, de la grandeur d'une tête d'épingle en moyenne, ne s'effaçant pas sous la pression du doigt et ne faisant aucune saillie au-dessus de la peau. Les unes sont d'un rouge vif, d'autres sont bleuâtres ou brunâtres. Outre ces petites ecchymoses, on observe quelques taches de la grandeur d'une pièce de 2 francs, bleuâtres, légèrement saillantes et d'une consistance plus ferme que la peau avoisinante. Il n'existe aucune suffusion étendue, ou de trace d'hémorrhagie profonde. Pas d'œdème autour des malléoles.

Les mêmes petites tâches se remarquent sur les membres supérieurs, mais en moindre quantité. Enfin, il s'en présente également quelques-unes sur le tronc, la face, et dans la bouche; les conjonctives bulbaires sont colorées d'une façon diffuse en rouge vif, et saignent au moindre attouchement. Quant aux gencives, elles sont normales et ne présentent ni boursouflement ni suintement de sang.

Température normale. Pouls à 112, assez petit et assez dépressible. Parois artérielles saines. Aucune anomalie du côté de l'appareil digestif. Appétit bon. Pas de selles sanguinolentes. Exploration du cœur, des poumons, du foie et de la rate complétement négative. Ni sang, ni albumine dans les urines. Aucun trouble du côté du système nerveux. Les articulations ne présentent ni douleur ni gonflement.

1er *mars*. Même état.

L'examen de plusieurs préparations du sang, faites à frais et avec toutes les précautions énumérées plus haut, *ne permet pas de découvrir avec sûreté, soit des plaquettes, soit leurs produits de dégénérescence*. C'est à peine si, après de longues recherches, nous trouvons quelques granulations isolées qu'on pourrait considérer comme dérivant de ces éléments. Les globules rouges ne présentent au point de vue de leur forme, de leur coloration et de leur empilement aucune anomalie. Pas de poikilocytose. Globules blancs normaux.

(1) Le lecteur voudra bien remarquer que ces recherches ont été commencées avant les publications de Laker, de Löwit et de Schimmelbusch. Nous en avons retardé la publication pour suivre plus longuement la malade, et aussi dans l'espoir, qui ne s'est pas réalisé, de pouvoir étendre nos observations à d'autres cas semblables.

3 *mars*. Il n'est plus survenu de nouvelles taches. Les anciennes commencent à pâlir. Conjonctivite double.

5 *mars*. Nouvelle éruption modérée d'ecchymoses. Nausées. La malade a éprouvé hier plusieurs petits frissons.

L'examen du sang fournit les mêmes résultats que le 1er mars.

7 *mars*. Encore quelques nouvelles taches. Inappétence, céphalalgie frontale. Plusieurs préparations à l'acide osmique laissent voir, après de patientes recherches, quelques très rares plaquettes.

11 *mars*. État général meilleur. Depuis le 7, deux nouvelles grandes taches ont apparu sur la peau, et plusieurs autres petites à la pointe et sur le bord de la langue. Gencives normales.

11 *mars*. Sur le cou, trois lignes de petites taches, longues de 5 centimètres et attribuées au grattage. Une ligne semblable sur le bras droit. Dans plusieurs préparations de sang, à l'état frais ou traitées par l'acide osmique, nous ne trouvons qu'une seule plaquette douteuse. Globules rouges comme plus haut; leur numération donne 4,820,000 par millimètre cube. Globules blancs normaux quant à leur nombre et à leurs diverses variétés.

13 *mars*. Aucune nouvelle poussée de taches. Dans le réseau de fibrine de plusieurs préparations débarrasées de leurs globules rouges, nous constatons seulement la présence de six petits amas granuleux que l'on peut considérer comme autant de plaquettes. Par contre, des préparations de sang d'une personne saine montrent des plaquettes en quantité énorme.

15 *mars*. Résultat analogue.

17 *mars*. Quelques nouvelles taches sur les bras. Depuis avant-hier, élancements dans le côté droit, augmentant surtout quand la malade se baisse ou soulève un fardeau, et qui ne sont exaspérés ni par la toux ni par les inspirations profondes. Également quelques coliques, pas de diarrhée; pas de douleurs articulaires; pas de toux. Appétit bon; état subjectif excellent. Pouls 80, à caractères normaux.

18 *mars*. Trois préparations de sang, à l'état frais. Chacune renferme quelques amas granuleux ressemblant à des plaquettes dégénérées. Légère augmentation des globules blancs; l'augmentation porte sur les petits globules à un noyau. L'examen d'une préparation à l'acide osmique,

parcourue avec soin dans tous les sens, amène la découverte de deux plaquettes évidentes.

24 *mars*. La malade, qui depuis hier perd beaucoup de sang par le vagin, entre à l'hôpital. Quand l'éruption cutanée s'est manifestée, elle allaitait son enfant de trois mois; celui-ci a été immédiatement sevré. Les pertes sanguines se font sous forme d'un suintement lent, mais continu et assez abondant pour qu'on soit forcé de changer plusieurs fois par jour le linge et les draps de lit sur lesquels elle est couchée. L'examen des organes génitaux ne dénote aucune lésion, et établit que le sang vient de la matrice. Nous constatons sur les bras, la poitrine et le dos une nouvelle poussée de petites ecchymoses.

Nous examinons au point de vue des plaquettes trois préparations de sang frais et une préparation à l'acide osmique, obtenues par piqûre des doigts, mais sans pouvoir découvrir un seul de ces éléments. La numération donne 4,640,000 globules rouges par millimètre cube. De même que les globules blancs, ils ne dénotent rien d'anormal.

Il n'existe aucune élévation de la température.

Traitement : Repos au lit, glace sur le ventre et potion au seigle ergoté.

27 *mars*. Les pertes sanguines ont diminué progressivement, et se sont à peu près arrêtées. Dans le sang, quelques rares plaquettes. Les globules blancs sont un peu plus nombreux. On observe de plus dans le plasma quelques granulations qui ont la réfringence de la graisse.

28 *mars*. L'écoulement est presque complétement tari. Les plaquettes sont très rares; la leucocytose persiste.

Déjà les jours précédents, nous avions pu constater que la coagulation s'opérait dans le sang du purpura sensiblement avec la même rapidité que dans le sang d'individus sains, mais nous n'avions pas encore entrepris à ce sujet des recherches précises. En opérant comme nous l'avons indiqué plus haut, nous trouvâmes que le réseau fibrineux d'un sang normal, pris comme point de comparaison, se dessinait nettement vers la neuvième minute. Celui du purpura présentait la même évidence dès la huitième. Il découle de cette observation que la coagulation chez notre malade ne subissait pas de retard; elle se faisait au contraire avec une avance sensible, mais restant toutefois dans les limites entre lesquelles oscille la durée physiologique de ce phénomène.

Les mêmes préparations servirent à évaluer approximativement la

richesse en fibrine. Tandis que le réseau fibrineux du sang normal présente à ses points d'intersection de nombreuses plaquettes isolées ou réunies en groupes, celui du sang du purpura, tout en montrant le même arrangement, ne renferme que quelques plaquettes isolées et très rares. La puissance du réticulum fibrineux est sensiblement égale dans les deux sangs, elle nous cependant semble l'emporter dans les préparations du purpura. Telle est du moins l'impression à laquelle nous n'avons pu nous soustraire.

30 *mars*. L'hémorrhagie par le vagin est arrêtée.

31 *mars*. Les plaquettes sont un peu plus abondantes, tout en restant encore très rares. La leucocytose a disparu. Le réseau fibrineux se dessine bien dans le sang du purpura à la 8me minute, dans le sang pris comme terme de comparaison, à la 10me seulement. Il paraît de nouveau plus développé dans le premier que dans le second.

1 *avril*. Plaquettes sensiblement plus nombreuses. Coagulation achevée entre la 8me et la 10me minute.

2 *avril*. L'augmentation des plaquettes signalée hier est sensiblement en régression. Globules rouges 4,200,000 par millimètre cube.

3 *avril*. Plaquettes de nouveau un peu plus nombreuses. Temps de la coagulation normal. Névralgie de la fosse temporale droite, avec irradiation dans le maxillaire inférieur du côté correspondant.

7 *avril*. Le nombre des plaquettes est resté stationnaire.

10 *avril*. La névralgie s'est améliorée. Sur la cuisse gauche, une nouvelle ecchymose grande comme une pièce de 2 frs. La malade accuse encore toujours une grande lassitude. A tous les autres points de vue, l'état subjectif est excellent. Les plaquettes semblent plutôt diminuer. Globules rouges 4,470,000 par millimètre cube.

12 *avril*. Deux nouvelles taches. Les douleurs névralgiques sont fort vives.

17 *avril*. Pas de taches nouvelles. Sentiment de faiblesse. Plaquettes très rares. Leucocytose manifeste. Réseau fibrineux achevé à la 9me minute. Globules rouges 4,700,000 par millimètre cube.

A partir de ce jour, nous n'eûmes plus l'occasion de revoir la malade

avant le 9 février de l'année suivante (1885). Elle nous apprit alors que depuis le mois d'avril de l'année dernière elle avait pu se livrer régulièrement aux travaux de son ménage. Son état subjectif était resté bon. Les grandes poussées de petites taches hémorrhagiques n'étaient pas revenues, seulement il apparaissait de temps en temps sur les bras, les cuisses, et surtout au cou et à la poitrine, des taches bleues de la grandeur d'une pièce de 1 ou de 2 frs. Les règles n'avaient pas été plus abondantes qu'avant la maladie.

Le sang se montre encore très pauvre en plaquettes, quoique notablement plus riche en ces éléments que l'année précédente.

Nous eûmes recours alors pour la premiére fois au procédé de Vierordt, pour fixer la rapidité de la coagulation. Dans le premier essai, le crin se couvrit de coagulums 5 minutes, dans le second 7 minutes 25 secondes après l'aspiration du sang. Il existe entre ces deux résultats un léger écart, mais qui reste parfaitement dans les limites physiologiques. Comme le lecteur l'aura sans doute remarqué, ces derniers chiffres sont un peu inférieurs à ceux enregistrés plus haut. Cette différence tient assurément, pour une bonne part, aux conditions diverses où s'opère la coagulation dans l'un et l'autre procédé. Elle s'explique aussi par le fait que, dans nos premières recherches, nous avons pris comme terme de l'observation le moment où le réseau commençait à se dessiner nettement.

24 *février*. Il est survenu plusieurs nouvelles taches bleues.

Le crin commence à se couvrir de caillots après 6 minutes 40 secondes; la coagulation est achevée après 7 minutes 10 secondes.

Les plaquettes sont excessivement rares, à tel point que leur numération par le procédé de Hayem ne fournit aucun résultat. Il en avait du reste été de même tout le temps que nous avions observé la malade. Dans une préparation mince où les piles de globules rouges ne forment qu'une seule couche et circonscrivent des lacs de sérum étendus, nous comptons 3 plaquettes dans 10 champs microscopiques, sur une ligne traversant la préparation dans toute son étendue et croisant par le milieu l'endroit où la goutte de sang a été déposée.

Dans une deuxième préparation, nous rencontrons 1 plaquette pour 27 champs; dans une troisième, nous parcourons 20 champs sans en trouver une seule. Dans deux préparations à l'acide osmique nous observons une seule plaquette douteuse.

Sur une préparation de sang normal, à épaisseur égale et recueillie exactement de la même façon, on compte en moyenne 50 plaquettes

par champ à l'endroit où la goutte a été déposée, et de 10 à 20 dans les parties périphériques. Le dénombrement de ces éléments par le procédé de HAYEM, fournit le rapport normal de 1 plaquette pour 20 globules rouges. Nos insuccès dans la numération pour le sang du purpura ne sont donc pas dûs à un défaut dans le procédé opératoire, mais ils sont l'expression de la réduction énorme des plaquettes.

18 *avril*. Il apparaît encore de temps en temps une ecchymose à la peau. Les règles se sont passées normalement, et la fatigue générale s'est atténuée beaucoup. De temps en temps un élancement dans la tempe droite.

Les plaquettes sont encore excessivement rares; les globules rouges et blancs ne présentent rien d'anormal. La coagulation d'après le procédé de VIERORDT est achevée après 7′ 40″.

25 *mars* 1886. Depuis le dernier examen, les ecchymoses sont devenues plus rares. Les plaquettes sont encore toujours peu nombreuses. Les chiffres suivants donnent une idée de leur abondance. Sur une préparation de sang frais, on compte dix-neuf plaquettes dans vingt-cinq champs microscopiques, à l'endroit où la goutte a été déposée. En dehors de cette zone, dix-sept champs considérés dans l'ordre où ils se présentent n'en offrent aucune. Notons que chaque champ renferme en moyenne cinq à six cents globules rouges. Dans une préparation de sang normale, d'épaisseur identique, on trouve par champ microscopique, pris au hasard à l'endroit où la goutte a été recueillie, de 80 à 100 plaquettes et, un peu plus en dehors, vingt à trente à superficie égale. A la périphérie de la préparation, elles sont encore relativement nombreuses.

Ni les globules rouges ni les globules blancs ne dénotent rien d'anormal.

La recherche du temps de la coagulation par le procédé de VIERORDT donne, dans une première expérience 6′ 45″, et dans une seconde 5′ 25″.

CONCLUSIONS.

Le diagnostic de la maladie de M. D. P. ne supporte aucun doute : c'est bien un cas de purpura nettement caractérisé que nous avons eu sous les yeux. Résumons en quelques lignes l'histoire de la maladie. Elle a débuté brusquement par une forte poussée hémorrhagique vers la peau et certaines muqueuses (muqueuses conjonctives, buccale et nasale). Au début ce mouvement s'est accompagné de fièvre, de courbature et d'inappétence. Mais

ces symptômes ont disparu après quelques jours, tandis que les manifestations cutanées ont continué pendant deux ans environ, tout en s'affaiblissant considérablement. La lassitude générale est le seul symptôme que la malade n'a cessé de présenter. A part le mouvement fébril du début, la fièvre n'a plus reparu; nous nous en sommes assuré bien des fois par le thermomètre, tant au matin qu'au soir. L'examen des organes internes ne décela jamais de lésions. Par contre celui du sang, répété un nombre considérable de fois, donna les renseignements suivants :

Diminution légère des globules rouges.

Aucune anomalie dans les leucocytes, ni pour le nombre, ni pour la qualité, à part quelques leucocytoses passagères, dont l'une s'explique aisément par l'hémorrhagie utérine.

Réduction énorme du nombre des plaquettes et, peut-être, disparition complète de ces éléments aux stades les plus aigus de la maladie.

Malgré cette altération, la coagulation du sang n'est pas retardée, et la fibrine est au moins aussi abondante qu'à l'état normal.

Le premier résultat qui découle de ces données, c'est que les plaquettes ne jouent aucun rôle actif sensible dans la coagulation du sang. C'est la première fois, croyons-nous, que l'on apporte la preuve rigoureuse de ce fait. Car si les expériences de A. Schmidt et de ses élèves ont établi que les globules blancs et certains autres éléments (spermatozoïdes, levûre, protozoaires) peuvent donner naissance au ferment coagulant, elles n'ont pas démontré que cette propriété n'appartient pas également aux plaquettes. Il y a même beaucoup de faits qui, a priori, parlent en faveur de leur intervention dans la coagulation. Tels sont : leur destruction en masse immédiatement après leur sortie des vaisseaux, leur conservation par un grand nombre d'agents qui retardent la coagulation, enfin les expériences mêmes de Rauschenbach, lesquelles, tout en étant dirigées contre la thèse de Bizzozero, tendent à faire du pouvoir coagulant une propriété générale du protoplasme. Schimmelbusch (1) avait, il est vrai, observé que dans certains cas les plaquettes dégénèrent sans que la coagulation survienne, tandis que dans d'autres la fibrine prenait naissance avant la déformation des plaquettes, et il en avait déduit que ces dernières se comportent vis-à-vis de la coagulation d'une manière indifférente. Mais ces conclusions ne nous paraissent nullement rigoureuses. On conçoit parfaitement que des plaquettes subissent la

(1) Loc. cit..

dégénérescence et abandonnent au plasma leur ferment coagulant, sans que celui-ci, par une circonstance quelconque, ne produise ses effets. Ne voyons-nous pas le sang des vaisseaux du foie rester longtemps liquide, bien qu'il renferme tous les éléments nécessaires à la genèse de la fibrine? La coagulation survenant avant l'altération des plaquettes ne prouve pas davantage, car elle peut alors dépendre d'autres éléments, tels que les globules blancs. D'un autre côté, l'intervention de ceux-ci ne permet pas de conclure sans autre preuve à l'inactivité des plaquettes.

Les conclusions auxquelles Löwit (1) est arrivé sur la même question, ne nous semblent pas non plus devoir entraîner la conviction d'une façon irrésistible. Cet auteur reçoit du sang de chien ou de lapin dans une solution de sulfate de magnésie; puis il abandonne le mélange à lui-même jusqu'à ce que les globules rouges et blancs se soient déposés. Il peut alors recueillir du plasma qui ne renferme plus ces éléments, mais bien encore des plaquettes. Or, quand on étend ce plasma avec de l'eau, la coagulation n'apparaît pas, malgré la présence des plaquettes; elle se manifeste au contraire quand on y ajoute des leucocytes, et cela d'autant plus rapidement que le nombre de ces derniers est plus considérable. Löwit en conclut que les plaquettes ne sont pas la source du ferment coagulant. Mais est-on bien sûr que le traitement par le sulfate de magnésie n'a pas exercé d'action sur la décomposition des plaquettes? On est d'autant plus autorisé à formuler cette réserve que, Rauschenbach (2) l'a démontré, c'est dans certaines conditions seulement que les globules blancs fournissent le ferment coagulant.

Nos observations ont sur celles de Löwit l'avantage d'être faites sans l'intervention d'aucune substance chimique. Le sang y est par lui-même et naturellement dépouillé de ses plaquettes, et néanmoins la coagulation ne présente aucun retard, non seulement lorsque ces éléments sont très rares, mais encore lorsqu'ils font défaut complétement, comme cela a semblé se présenter à certaines périodes de la maladie.

Les partisans de la participation des plaquettes au phénomène de la coagulation pourraient peut-être nous faire l'objection suivante : ces corps ont disparu chez M. D. P. en grande partie, mais leurs produits de décomposition, y compris le ferment, sont restés dissouts dans le sang, à l'instar de ce qui se passe pour la salive, d'après Bizzozero. Mais cette inter-

(1) Löwit : Beiträge zur Lehre von der Blutgerinnung; Sitz. Bericht. d. k. Acad. der Wiss. zu W., B. 89, Abth. III, 1884.

(2) Rauschenbach : loc. cit., p. 24 et suiv..

prétation ne soutient pas l'examen. A. Schmidt et ses élèves ont prouvé que si l'on injecte du ferment coagulant dans les vaisseaux on produit, à dose moyenne de la fièvre, et à dose élevée du collapsus et des thromboses. Inutile d'insister sur ces derniers symptômes qui n'ont jamais existé chez notre malade. Quant à la fièvre, elle ne s'est montrée que tout au début, et c'est un symptôme pathologique si commun qu'il est superflu de vouloir invoquer pour expliquer sa présence des conditions spéciales. Plus tard, nous n'avons pu constater aucune élévation de température. Or ce fait est incompatible avec l'hypothèse d'une accumulation de ferment libre dans le sang. Du reste, les mêmes expériences de l'école de Dorpat nous montrent que ce ferment ne peut se maintenir en excès dans le sang, car après peu de temps il s'y réduit à la quantité normale.

La rapidité de la coagulation ne peut pas s'expliquer davantage par une participation plus grande des globules blancs, car, à part deux leucocytoses très passagères, ils n'ont présenté rien d'anormal.

Adversaire déclaré d'une intervention sensible des plaquettes dans la coagulation, nous sommes tout aussi opposé à l'idée d'une destruction en masse des globules blancs, à leur sortie des vaisseaux; bien entendu pourvu qu'on laisse le sang au repos, et qu'on se garde de le mêler à des substances étrangères. Il faut savoir gré à Bizzozero de s'être élevé le premier, avec des arguments à l'appui, contre cette destruction; plus tard Laker, Schimmelbusch et Löwit se sont rangés de son avis. Pas plus que le professeur italien et ces derniers auteurs, nous n'avons pu, malgré toutes nos investigations, découvrir un leucocyte en voie de désagrégation, et pourtant notre cas se prêtait admirablement bien à ce genre d'observation. En effet, grâce à la rareté des plaquettes, nous ne courions guère le risque de confondre, comme A. Schmidt et Heyl l'ont fait, des détritus éventuels de globules blancs avec des plaquettes dégénérées.

Nous avons également cherché à suivre cette destruction présumée chez le cheval, dont le sang, comme l'on sait, se coagule lentement, et pour ce motif se prête mieux que tout autre à ce genre de recherches. Mais en opérant avec toute la célérité possible nous n'avons jamais réussi à surprendre un globule blanc en voie de désorganisation, même en prolongeant l'observation jusque longtemps après la formation du réseau de fibrine.

Nous ne pouvons souscrire davantage à une destruction antérieure au moment où l'observation microscopique devient possible. Car, à moins d'une preuve convaincante, nous nous refusons à admettre qu'une cellule composée d'une membrane, d'un protoplasme et d'un noyau, parties si diffé-

rentes au point de vue chimique, disparaisse comme par enchantement sans laisser de traces. Bizzozero (1), du reste, en produisant une hémorrhagie n'a jamais pu surprendre dans le sang qui sort un globule blanc en voie de destruction pourvu que le sang fut recueilli dans un liquide indifférent. Löwit (2) est arrivé par une tout autre voie à la même conclusion pour la lymphe.

Nous n'ignorons pas que Hlava (3) a annoncé qu'il avait pu poursuivre au microscope toutes les dégradations successives que subissent les globules blancs avant leur désorganisation complète. Cet auteur bat du sang sorti fraîchement des vaisseaux avec des fils, pendant 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 secondes, et les porte immédiatement dans une solution de sublimé, afin d'enrayer instantanément le processus de la coagulation. Or, tandis que les fils, retirés 20 secondes après le commencement du battage, sont recouverts d'une quantité considérable de globules blancs bien conservés, ceux qu'on retire ensuite montrent un certain nombre de ces éléments mal limités et à noyaux difficilement colorables, et cette désorganisation devient plus profonde à mesure que le battage s'est prolongé, si bien qu'après une minute tous les leucocytes, à part quelques rares exceptions, sont transformés en une masse striée, que Hlava prend pour de la fibrine.

Il n'entre pas dans notre intention de contester ces résultats dans les conditions spéciales où ils ont été obtenus. Il est possible qu'en opérant comme Hlava on obtienne des images microscopiques semblables, mais nous maintenons que cette destruction ne s'opère pas dans le sang laissé au repos; en effet puisqu'elle ne commence qu'après la 20^{me} seconde et qu'elle dure ensuite 40 secondes, aucune de ses phases ne pourrait échapper à l'examen microscopique. Les résultats de Hlava ont du reste été fortement infirmés par les travaux de S. Lubnitzky (4).

En résumé, c'est Löwit (5) qui nous semble avoir la note juste dans la question de la coagulation du sang, lorsqu'il dit que cet acte est produit par les globules blancs, non pas à la suite de leur destruction, mais à la faveur de la grande quantité de ferment qu'ils excrètent après leur sortie des vaisseaux.

(1) Bizzozero : Arch. ital. de Biol., T. I, p. 3.

(1) Löwit : loc. cit., p. 288.

(2) Hlava : Die Beziehung der Blutplättchen Bizzozero's zur Blutgerinung gnd Thrombose; Arch. . exp. Path. und Therap., B. 17, 1883.

(3) S. Lubnitzky : Die Zusammensetzung des Thrombus in Arterienwunden in den ersten fünf Tagen; Arch. f. exper. Path. und Ther., B. 19, 1885.

(4) Löwit : loc. cit..

L'observation fournie par M. D. P. est encore intéressante à deux autres points de vue : celui de la genèse des globules rouges, et celui du rôle des plaquettes dans l'hémostasie.

D'abord elle est une preuve nouvelle que les plaquettes ne se transforment pas en hématies. En effet notre malade n'a présenté aucune anémie notable pendant toute la durée de l'observation (plus de 2 ans), et la numération des globules rouges a toujours présenté des chiffres sensiblement normaux. Lors des pertes sanguines par l'utérus, qui avaient fait baisser un peu leur nombre, nous avons vu leur chiffre se relever rapidement, et cela sans aucune apparence de crise hématoblastique — c'est ainsi qu'Hayem appelle l'augmentation temporaire des plaquettes, qui succède aux hémorrhagies. — Or quand on considère que les globules rouges sont sujets à une renovation incessante et rapide, il est impossible d'expliquer, dans cette hypothèse, les chiffres quasi normaux fournis par leur numération pendant toute la durée de l'observation.

Mais si notre cas de purpura est incompatible avec les idées de Hayem et d'Afanassiew(1) sur la genèse des globules rouges, il est favorable au rôle que le professeur français (2) attribue aux plaquettes dans la cessation des hémorrhagies. D'après cet auteur, ces éléments en s'agglutinant aux ouvertures des vaisseaux y forment des bouchons qui concourent à arrêter le sang. C'est peut-être en effet au manque de plaquettes qu'il faut attribuer les règles profuses que Marie D. P. a présentées au fort de la maladie. Car il nous est impossible de voir dans l'hémorrhagie qui s'est manifestée alors, autre chose que le flux menstruel. Elle est survenue spontanément, peu de temps après que M. D. P. eut sevré son enfant; elle n'a duré que quelques jours, et un mois plus tard ont apparu les règles normales qui n'ont plus fait défaut pendant tout le cours de l'observation.

Nous avons pensé un moment que l'énorme réduction des plaquettes nous aurait mis sur la voie du rôle qu'elles jouent dans l'organisme, mais nos espérances ont été déçues. Toutes les fonctions semblent se faire normalement. Le seul symptôme dont notre malade souffrait d'une façon continue était une fatigue générale, qui ne l'empêchait cependant pas de vaquer aux travaux du ménage. Il lui semblait en outre qu'elle contractait des rhumes, de courte durée du reste, plus facilement qu'avant sa maladie.

(1) Afanassiew : Ueber den dritten Formbestandtheil des Blutes im normalen und pathologischen Zustande und über die Beziehung desselben zur Regeneration des Blutes; D. Arch. f. klin. Med., T. XXXV, 1884.

(2) Hayem : Gazette médicale de Paris, 1883, p. 125.

Il se présente enfin une dernière question, celle de savoir si cet état du sang doit être considéré comme la cause des hémorrhagies cutanées, ou comme une simple coïncidence. Il faut évidemment de nouvelles observations pour se prononcer sur ce point. Nous croyons cependant que la rareté des plaquettes n'est pas un fait purement accidentel. En effet, malgré les examens nombreux et soignés que nous avons faits du sang, nous n'y avons jamais constaté à l'état normal une réduction si considérable de ces éléments. En outre, nous avons vu cette réduction atteindre son maximum juste au moment où la maladie était dans son stade le plus aigu. Dans une affection qui présente quelque analogie avec le purpura : le scorbut, Afanassiew (1) a constaté une diminution des plaquettes, mais il faut ajouter que Hlava (2), dans 2 autres cas, a trouvé une augmentation considérable de ces éléments. Quoi qu'il en soit, nous pouvons affirmer dès à présent que toute poussée hémorrhagique vers la peau n'est pas accompagnée nécessairement d'une diminution dans le nombre des plaquettes. Dernièrement encore, nous avons eu l'occasion d'examiner le sang d'un phtisique qui présentait sur la partie inférieure du tronc et surtout sur les membres inférieurs un grand nombre de petites ecchymoses; le nombre des plaquettes au lieu de diminuer avait plutôt augmenté chez le malade.

Depuis l'impression de ces lignes nous avons eu l'occasion de revoir Marie D. P.. Nous avons constaté une anémie assez prononcée, ainsi que de l'amaigrissement. La malade nous a appris qu'elle remarque encore une ou deux taches bleuâtres par mois. La faiblesse est devenue assez grande pour rendre pénibles les occupations du ménage. A part cette incommodité, la santé est bonne. Les règles n'ont jamais été profuses.

A l'examen du sang, nous constatons de suite que les plaquettes sont encore fort rares, quoiqu'elles soient devenues manifestement plus nombreuses. Ainsi nous comptons un dizaine de plaquettes par champ microscopique pris à l'endroit où la goutte a été déposée, et renfermant en moyenne 500 globules rouges. En dehors de cette région, les plaquettes sont très clair semées. Quand on compare ce résultat à ceux obtenus en 1884, 1885 et 1886, il est incontestable qu'il y a un progrès marqué.

Les globoles rouges et blancs ne présentent rien d'anormal, et la coagulation n'est pas retardée.

(1) Afanassiew : Loc. cit.

(2) Hlava : Ueber Hemoglobingehalt des Blutes und die quantitativen Verhältnisse der rothen und weissen Blutkörper bei acuten fieberhaften Krankheiten; Zeitschrift für Heilkunde, B. IV.

HC 413H B